Chinese Agron. J. 12 : 93-124 (2002)
Chinese Society of Agronomy © 2002

稻米品質育種

吳永培[1] 盧虎生[2]

[1]農業試驗所嘉義分所
[2]國立台灣大學農藝系

摘要：本文章主要針對稻米品質之研究概況、稻米品質育種之概況、稻米品質育種的技術、稻米品質育種策略及米用途多樣化之育種等五個課題進行歸納與整理。其中稻米品質之研究概況係針對稻米外觀、稻米化學特性及稻米物理特性等研究成果加以整理；稻米品質育種概況則就國內歷年來品質育種的成果及變化情形進行探討；而稻米品質育種的技術著重介紹傳統育種方法、誘變育種法及稻米品質育種經驗；稻米品質育種策略則以廣泛搜集和鑑定優質種源及建立品質育種選拔之指標性狀等進行討論；至於米用途多樣化之育種則以釀酒品種的選育、香米品種之選育及創新形質品種之選育為探討重點。

關鍵詞：米粒外觀、理想株型、水稻、理化特性、品質育種、稻米品質

Breeding of rice quality

Yong-Pei Wu[1] and Huu-Sheng Lur[2]
[1] Assistant Agronomist, Department of Agronomy, Chaiyi Agricultural Experiment Station. ChaiYi, Taiwan, ROC.
[2] Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

Abstract. The objective of the present paper is to review the progresss of breeding in rice quality. Five topics are included in the review: basic researches in quality understanding, the progress in rice quality breeding, techniques used in rice quality improvement, the strategy for rice quality breeding and the breeding for specific use. The review of rice quality researches includes grain appearance, chemical and physical characters. Review in quality breeding focuses on the progress of quality improvement for varieties of Taiwan. The review of techniques used for rice quality breeding includes methods for traditional breeding and mutation breeding. Review in strategy of rice quality breeding discusses the collection and evaluation of rice germplasm, as well as the selection indexes for quality breeding. The review of breeding for specific-use rice includes the breeding for sake brewing rice, aromatic rice and the new-quality types rice.

Keywords: grain appearance, ideotype, *Oryza sativa*, physicochemical character, quality breeding, rice quality.

前 言

水稻是世界主要的糧食作物之一，栽培歷史相當悠久，大約有5000千年左右，於多數國家中均有栽培生產，尤其是亞洲地區更是主要的食物與能量來源(Juliano, 1972b)。台灣地區由於屬於高濕、多雨的亞熱帶氣候，所以相當適合水稻的生產，一年可以生產兩期作且同時可生產稉稻、秈稻、稉糯稻及秈糯稻等多種用途之稻穀，加上政府有保價收購政策之保護，使得水稻成爲國內最主要之栽培作物，栽培面積約40萬公頃，其中稉稻種植面積約佔90.2%，秈稻佔6%，稉糯稻佔2.4%及秈糯稻佔1.3%。早期台灣稻作生產以秈稻爲主，但於日據及光復後開始推廣稉稻，已取代秈稻成爲主要的栽培稻品種，台灣人民對米飯喜好亦隨之改變，由食用乾而不黏的秈米飯，轉變爲喜好軟而黏性高之稉米飯。而隨著經濟的發展，消費者口感喜好之改變及加入世界貿易組織(World Trade Organization, WTO)國內稻米市場開放進口等問題，國內水稻的栽培及利用受到相當大的衝擊及改變。爲順應改變及衝擊，提高稻米品質與多樣化的利用便成爲當前水稻育種、品質改良上之首要目標，此使得水稻生產由早期的高產栽培，逐漸轉換爲以市場需求爲導向的高米粒外觀品質、優良食味或特殊加工、甚至於生技或醫療保健用途的生產，一方面使國產稻米能迎合國內消費上之需求，另一方面提升國產稻米的國際競爭力。

本文將在以下各節中先說明稻米品質相關性狀與其研究發展，再討論品質育種的方法策略與發展。

稻米品質研究概況

稻米是台灣地區首要之糧食作物，自民國61年起政府積極加強農村建設，乃激勵了稻作的生產，而在60~70年代間稻米品種改良僅注重稻穀產量之提高，因而較忽視品質之提升，唯因台灣經濟快速發展，國民生活水準提升，使得對米食的消費由往昔的「吃得飽」轉爲「吃得好」，爲因應米食消費由「量」的時代轉爲「質」的要求，行政院農委會所屬台中區農業改良場在民國60年設立米質研究室，然而在60~70年代以稻米產量第一爲目標的時代背景下，對於國內稻米品質的改進並未發生重大的影響，民國70年後，由於稻米品質逐漸受到重視，台中區農業改良場米質研究室方開始發揮應有的功能。

稻米品質若根據品質特性的內容和分類，一般可區分爲市場品質及烹調與食用品質二大項，其中市場品質包括(1)碾米品質(milling quality)，(2)米粒外觀(grain appearance)品質，如白堊質(chalkiness)、透明度及碾白度等，(3)碾白程度(degree of milling)，(4)米粒大小及粒形(grain size and shape)。至於食用品質一般包含烹調品質(cooking quality)、食用品質(eating quality)、米粒理化特性等之間接性測定(indirected determination of quality)品質、營養品質(nutrition quality)、貯藏或古米化(aging)等五項(Juliano，1985b)，由此顯示品質特性的內容及範圍相當廣泛。至於目前國產稻米在市場品質上注重於碾米率、白米粒形、透明度(translucency)及心、腹、背白等白堊質(chalkiness)性質。而在食用品質上著重於食味官能品評特性、直鏈澱粉(amylose)、蛋白質、鹼性擴散值(alkali spreading value)、凝膠展延性(gel consistency)等性質(宋，1986；謝等，1984；Juliano, 1985b)。

一、稻米外觀品質

目前國產稻米品質著重碾米品質、白米外觀等特性之分析，尤其心、腹、背白三項之測定及

篩選最受重視，屬性上均爲市場品質之內涵。其中碾米是將稻穀(rough rice)之穀殼(hull)脫去，之後得到糙米；而將糙米外層之果皮、種皮、珠心、胚芽及部份糊粉層磨除後，即得到白米；去除斷裂四分之三以上之碎白米粒後，乃得到完整白米。由碾米之過程可估算糙米、白米及完整米的百分率。目前國內實驗室碾米的標準機器採用Satake testing husker脫殼機，McGill miller No. 3去糠機及Seedburo rice sizing machine篩選機來進行樣品調製工作。由於碾米率直接關係到碾米加工業者的產品利潤，因此加工廠商收購稻穀均以碾米率高的水稻品種爲考量，尤其是高完整米率的稻穀。而雖碾米品質受到的影響因子相當多，諸如環境、耕種技術及乾燥技術等(Juliano, 1972a; Matthews and Spadaro, 1975; Nagato and Ebale, 1960)，然品種特性仍爲主要影響因子（宋，1974），故未來育種不可忽視優良碾米品質的選育工作，以確保稻穀碾製加工之收益。

1. 米粒大小及粒形(grain size and shape)

米粒大小及粒形一般是指穀粒（或白米）之長、寬、厚、粒形（長寬比）及容重量等。在國際稻米市場概以長、中、短粒形作爲稻米分類之依據，且目前以長粒形米爲市場主流，而日本則較偏好中及短粒形稻米，至於台灣對於粒型大小並不十分在意，依糙米長度可分爲特長米(>7.50mm)、長粒米(6.62-7.50mm)、中粒米(5.51-6.61mm)及短粒米(<5.51mm)，而粒形(shape)依糙米長寬比可分爲細長形(>3.0)、中間形(2.1-3.0)及粗圓形米(<2.1)。爲在我國主要的中短粒型稻米中，品種的粒型長、寬比可能影響稻米的白堊質程度，如依臺灣水稻品種型錄觀察，可發現品種之米粒長、寬比低於2者其外形表現心腹白之比率增加，此現象值得育種者參考。

2. 透明度(translucency)

精白米之亮麗與透明度有關，而國內米粒外觀檢定標準將白米透明度分爲六級，即由0至5等六級，其中以0爲最好，而5爲最差。在白米六級的透明度中，0爲接近透明玻璃的程度，而5爲米粒接近毛玻璃的程度，目前國內育成及推廣的水稻品種中大都介3-4之間，其中透明度較佳者如台稉8號等，而台農70號等則透明度較差。

3. 白堊質(chalkiness)

腹白(white-belly)、心白(white-core)及背白(white-back)等三種性狀之總合稱爲白堊質，依照白堊質在米粒加深或擴大程度，以白米粒無白堊質粒出現者爲0，而白堊質佔滿整個米粒50%以上者爲5。由於白堊質米不但白堊質部份之透明度較差，其質亦軟而脆，因此在碾米過程中易形成碎裂而影響碾米率，造成稻米市場的價格受到相當大的影響，而一般消費者對具有腹白及心白的稻米亦不喜歡，使得白堊質之有無成爲當前白米外貌優劣與否主要的決定性狀之一，而國內水稻育種者亦開始重視低白堊質米品種之選育，其如最近命名推廣的台稉系列品種、台東30號、高雄143號、桃園1號等多個品種，其白堊質出現的情形均獲得相當程度的改善。

至於稻米白堊質的形成主要係因澱粉顆粒排列疏鬆，澱粉顆粒間充滿空氣，引起光折射致形成外觀不透明（伏，1987；徐和甲，1989），而按白堊質發生的部位可將之區分爲腹白、心白及背白等類型，並以白堊質粒率、白堊質大小及白堊質度等概念來描述白堊質出現的狀況，其中白堊質粒率是指白堊質粒數佔全部米粒數的百分率；白堊質大小是指白堊質粒中不透明之白堊質面積佔整個米粒面積的百分率；至於白堊質度則以白堊質粒率x白堊質大小來表示之（周和鄒，2001）。

至於白堊質形成的主要生理原因，目前主要

有兩種較爲完整的說法，即細胞學說和同化產物流徑學說。由細胞學角度來看，稻米肧乳發育過程中，在雙重受精後約1-2週內，可觀察到肧乳中游離核的分布有所差異，其中遠肧端的一側有較多的游離核分布，而在靠近肧的米粒腹部位置則分布較稀少，此部位通常發育形成白堊質。利用電子顯微鏡的觀察亦發現白堊質米內之透明部分與無白堊質米的肧乳一樣，其肧乳細胞中之複合澱粉顆粒形狀爲多邊形，排列緊密，顆粒間沒有空隙和空氣，至於白堊質部位則透光困難，肧乳細胞內的複合澱粉顆粒呈圓形，排列疏鬆及充滿空氣，致形成不透明白堊質（田代和江幡，1975；程等，2000）。徐和申(1989)另指出白堊質出現較高的品種，稻米肧乳背腹方的扁平細胞群由於分化很多，之後因養分供應不足，使得扁平細胞群充實不均勻，排列不整齊而產生白堊質，而范等(1988)亦指出小細胞數目越多的品種，稻米白堊質粒率及白堊質面積會越大。

就同化產物流徑學觀點來看，在穀粒發育的初期，同化產物進入穀粒的途徑係水溶性碳水化合物從穀粒背部的維管束末端流出，橫向經由背部突起的珠心組織進入肧乳中，中後期則依靠肧乳細胞間彼此傳遞到各處，因此若米粒越寬，輸導途徑越長，障礙越大時，其會使得米粒腹部發生充實不良的現象，導致腹白的形成（星川，1978）。而穀粒粒寬及粒厚與腹白發生有正向效應亦支持此一論述（黃等1998；吳，1995；郭等，1983）。另穀粒充實期間環境溫度過高或過低時，由於不利同化產物的運送，此亦會造成白堊質度的增加（黃與盧，2000；賈等，1992；郭等，1983）。而另有研究指出稻穗及穀粒不同部位之脫氫活性與白堊質形成有關，肧乳腹部脫氫活力衰退較早，營養物質轉運終止的時間亦較早，致使腹白多出現在米粒腹部（伏，1987）。

由於白堊質不但影響碾米品質，亦爲白米外貌優劣與否主要的決定性狀之一，因此受到國內育種家相當程度的重視。由於白堊質在品種間存在著顯著的差異，其傳傳似由一對隱性或顯性因子所控制，而以親子迴歸法估得之遺傳率値約爲70% (Chang and Somrith, 1979; Chang and Li, 1980)，然楊等(1986)指出米粒白堊質存在明顯的劑量效應，且表現肧乳直感效應，由二對隱性主效基因控制；郭等(1983)則指出腹白是由微效基因控制，呈部分顯性效應。國內學者另指出一般白堊質性狀在分離世代的固定相當早，主要由累加性效應所控制，遺傳率很高，因此早世代選拔有效（郭和劉，1988）。由於米粒白堊質早世代便可固定，遺傳率高且係累加性效應控制，因此一般國內水稻育種者常於F2~F5世代，以手工簡易的工具，將部份稻穀碾成糙米後，再以目視的方式，剔除糙米外觀出現白堊質粒高的後代，由於篩選方法十分簡單易行，使得育成品種的心腹白平均値由1960~1970年代的1.6及1.9，降低至1980年代的1.0及0.7。顯示稻作育種工作在加強良質米選育的目標下，育成品種的心腹白特性已達相當的改善。

二、稻米化學特性

影響稻米品質的因子相當繁多，除米粒外觀品質外，其影響因子在生產階段包括品種、氣候、土壤、期作、栽培、病蟲害、農藥、收穫等，在收穫後調製階段則包括乾燥、貯藏及碾米方法，在消費階段亦包括米浸漬時間、炊飯量及煮飯方式等，由此可見品質影響因子既多且複雜，其中以品種爲最重要之影響因子（掘末，1983）。至於影響品種食味良劣的理化因子亦相當多，其中與化學性質有關連者有18項會影響食味好壞（劉等，1988; Chikubu et al., 1983）。米粒主要的構成成份爲澱粉、蛋白質、脂肪與醣

類等，是影響稻米品質表現之重要因子，白米乾重中百分之九十爲澱粉，其組成之一的直鏈澱粉含量一般被認爲是影響稻米品質最重要的因子(Juliano, 1985a; 1985b; Sowbhagy *et al.*, 1987)。直鏈澱粉含量的變化範圍相當廣泛，而依Juliano (1985a)可區分爲糯性、低、中及高直鏈澱粉含量等四類型。

1. 澱粉

直鏈澱粉以往認爲是由α-D葡萄糖以α-1,4醣苷鍵結合，爲一直鏈性的分子，唯目前許多報告指出其是帶有少許分支鏈（α-1,6醣苷鍵）的分子(Biliaderis *et al.*, 1981; Cura *et al.*, 1995; Lii *et al.*, 1987)，分子大小及分支度並不均一，而呈異質性(hetergenous)的現象，即直鏈澱粉的大小分布及分支數(average chain number)會隨澱粉來源、種類而不同。一般而言，直鏈澱粉平均聚合度 (average degree of polymerization, dp)在700~5000個葡萄糖基，如水稻的直鏈澱粉稉米約爲1100個葡萄糖基，秈米則爲900~1050個葡萄糖基，其中直鏈性分子dp爲700~900，具支鏈之直鏈澱粉的dp則爲1100~1600。至於分支數則介於1.5~10.4，而具有支鏈分支的分子，其分支數約爲4~20個，然稉稻的分支數較少，只有1.5~3.3左右。最大吸收波長(λmax)則介於630~660nm；而藍價(blue value, BV)則介於1.06~1.5；碘親和力(ionding affinity, IA)爲17~21g/100g，其中以λmax、BV及IA三項最常被用來評估直鏈澱粉特性，唯這些特性並無法顯示出直鏈澱粉的純度、大小分布及和分支情形(Hizukuri, 1996)。至於台灣稻米直鏈澱粉的平均聚合度則介於1000~1300個葡萄糖基，平均鏈長爲248~537個葡萄糖基，平均分支數爲2.4~4.5條，分支所佔百分比爲4.95~6.96%，平均支鏈長爲17~21個葡萄糖基，最大吸收波長(λmax)則介於628~638nm；而藍價則介於1.035~1.103；碘親和力(ionding affinity, IA)爲17.64~20.01g/100g（曾，1997; 廖，1998）。

稻米支鏈澱粉分子量介於一至數百萬之間(Manners, 1985)，大小分布範圍相當廣泛，多介4~5 x 10^8(Bank and Greenwood, 1975)，眞正的分子結構至今尙未完全確定。米澱粉之支鏈澱粉的平均聚合度約爲5000~13000個葡萄糖基，平均鏈長爲18~24個葡萄糖基，平均分支數爲561~754；而最大吸收波長(λmax)則介於525~607nm；而藍價則介於0.023~0.26；碘親和力爲0.06~4.63g/100g之間，後三者的分布範圍相當廣泛。至於台灣稻米支鏈澱粉之聚合度爲2700~12000個葡萄糖基，β-澱粉酶水解率爲56~62%。其中稉米與秈米相比較之下，稉米支鏈澱粉的聚合度(7327~12000)較大，分支數較多(420~760)，平均鏈長較短（約15~17個葡萄糖基），而最大吸收波長(λmax)則爲537nm；藍價爲0.05；而秈米支鏈澱粉之聚合度(2700~7800)較小，分支數較少(128~420)，平均鏈長較長（約18~22個葡萄糖基），而最大吸收波長(λmax)則介於592~607nm；藍價介於0.16~0.26；至於糯米支鏈澱粉的聚合度爲7700~9800個葡萄糖基，分支數爲390~560，平均鏈長爲17~20個葡萄糖基，而最大吸收波長(λmax)則介於525~533nm；藍價介於0.2~0.4 (Lu *et al.*, 1997)。

稻米品質良劣的影響因子很多，在化學特性中，以直鏈性澱粉及蛋白質含量對米炊飯品質，即食用品質影響最大（洪等，1989；劉等，1988；Lii *et al.*, 1986）。然直鏈澱粉含量相近的品種，其烹調與食味上卻仍有差異，顯示僅以直鏈澱粉一項作爲米質劃分之依據似有不足。尤其是國內栽培稻多屬低直鏈澱粉含量的品種，其直鏈澱粉含量的差異並不大，但在食味上卻有很

大的不同（許和吳，1998; 許等，1997），顯示仍有其它因子可影響食味。若由澱粉分子結構觀點，Reddy 等(1993)指出不溶性的直鏈澱粉(insoluble amylose)是米飯食味良劣的指標，其主要是因不溶性的直鏈澱粉（支鏈澱粉有具有超長B支鏈者）的長鏈分子較多時，分子間易互相連結(intermolecular interlock)，使得澱粉顆粒較堅硬，於熟煮過程中不容易瓦解，導致米飯硬度較高，台灣人民喜食質軟且黏的米飯，故支鏈澱粉具有長分支鏈愈多者，其米飯的口感就愈差（陳，1994）。

2. 蛋白質

食味除與直鏈澱粉含量有關外，與粗蛋白質含量亦有密切的關係。在相關分析中多位學者均發現粗蛋白質含量與食味呈負相關關係（許和宋，1988；劉等，1988; Lii *et al*., 1986）。國外的研究報告亦指出較高粗蛋白質含量的米粒煮熟後，質地會較硬且較泛黃、不透明(Nagato *et al*., 1972; Tashiro and Watdlaw, 1991)，而澱粉顆粒之吸水及膨脹亦因蛋白質含量的增加而受干擾，致使米飯烹煮的時間延長，造成食味值下降(Webb, 1985)。至於蛋白質組成方面，Matsue 等(1994)的研究指出食味較佳的越光品種，其蛋白質、醇溶性蛋白質及鹼溶性蛋白質的含量均較食味中等者低，顯示蛋白質含量及組成與食味間的關係十分密切，是米質良劣的重要影響因子之一。

一般穀粒中有5~12%粗蛋白質存在，其中約有90%以上爲貯藏性蛋白質，而蛋白質爲米粒中第二大的化學成分，含量佔米粒乾重約5~13%，依溶解特性一般可區分成四種不同的貯藏性蛋白質，即水溶性(albumin)、鹽溶性(globulin)、醇溶性(prolamin)及鹼溶性(glutelin)蛋白質等(Juliano, 1985a; 1972a; Ogawa *et al*., 1989; Padhye and Salunkhe, 1979)，此四種貯藏性蛋白質不但在溶解特性上有所不同，於穀粒中的分布亦有相當大的差異，前二者多存在於胚乳外圍的糊粉層或其下三至四層的細胞中，於白米中的含量相對較低，洗米過程中會有溶離流失等情形，因此實際上對稻米蛋白質品質的影響較爲有限(Masumura *et al*., 1991)。至於prolamin與glutelin的含量合計約占貯藏性蛋白質的85%左右(Shyur *et al*., 1988)，大多存在於穀粒次糊粉層以下之胚乳澱粉層，在水稻開花10天後會作快速累積(Yamagata and Tanaka, 1986)。以掃描式電子顯觀察可看到蛋白質體-I(protein body I)和蛋白質體-II(protein body II)，其中prolamin主要累積於蛋白質體-I，glutelin主要貯存於蛋白質體-II(Mandac and Juliano, 1978; Ogawa *et al*., 1989; Tanaka *et al*., 1980)，這二族蛋白質是貯藏性蛋白質中最爲重要且眞正具有貯藏功能之蛋白質。

由分子特性上的研究可知prolamin有三群的胜肽鏈，分子量分別爲10、13、16KDa，以13KDa是主要的產物(Ogawa *et al*., 1989)。glutelin則由一57KDa的前驅物經水解後產生34~39 kDa酸性的α-subunits和21~22 kDa鹼性的β-subunits等二個次單位(Kim and Okita, 1988; Kim *et al*., 1993; Yamagata *et al*., 1982)。再者，最近由於分子生物技術的進步，有關水稻貯藏性蛋白質prolamin及glutelin的基因均已選殖(cloning)得到，日本學者曾利用反義RNA (antisense-RNA)的原理，將prolamin的反義基因(antisense gene)藉由基因轉殖系統(gene transformation system)導入栽培稻中，並由於反義基因會轉錄出反義m-RNA，其會與正常的m-RNA相結合，使得prolamin的轉譯作用(translation)受到抑制，進而降低轉殖系(clone)之prolamin含量(Tada.

1996)。雖其尚未在商業經濟上有利用成果出現，但由於目前貯藏蛋白質之基因多已選殖出來(Kim and Okita, 1988; Tada, 1996)，因此未來經由此一技術的應用，或利用分子生物技術手段調節蛋白質基因的表現，將開創調控穀粒成分來提升稻米品質的新途徑。

有關貯藏性蛋白質之研究在早期研究中相當缺乏，僅指出粗蛋白質與食味呈負相關關係（劉等，1988; Lii *et al.*, 1986），然國內近年來對於貯藏性蛋白質之研究已有逐漸增加之趨勢，諸如董等(1997)發現在部分栽培種中，其prolamin與glutelin的RP-HPLC蛋白質圖譜有明顯差異，且會因栽培環境不同而影響含量的表現（簡等，1997），因此可能具有辨識稻米品種與品質的潛力（黃等，1994）。另在五種不同栽培時期對貯藏性蛋白質含量影響的研究中，結果另發現albumin、globulin含量在五個不同收穫期的表現相差不多，較不易受環境影響；不過prolamin、glutelin則會因穀粒充實期的平均溫度降低而明顯增加，而從RP-HPLC圖譜的研究亦得知，環境對貯藏性蛋白質之影響可能只是在量的差異上作用，對質的影響應不大（簡等，1997）。至於貯藏性蛋白質與食味間之關係，吳等(1999)則指出稉稻之prolamin與米飯外觀、香味、口味、黏度及食味總評呈負相關關係。而秈稻之albumin與外觀、口味、黏度及食味總評呈顯著的正相關關係。洪等(2000)的報告亦顯示prolamin含量與米飯食味品質呈負相關。這些相關性或可成爲選育優良食味品種的指標。

3. 其它化學特性

至於化學性質中，Chikubu *et al.* (1983)指出除直鏈澱粉、蛋白質兩項化學成份外，水分、水溶性蛋白質(albumin)、無機成分、游離胺基酸、脂肪、脂肪酸、有機酸、抽出物酸度及澱粉特性等16項會影響食味好壞食味，而劉等(1988)則指出食味與總醣、游離醣、水溶性醣間有正相關存在，而與灰分、硫及磷等含量呈負相關，許(1994)發現食味與化學特性有顯著的相關關係存在，其中呈正相關者有總醣含量及脂質含量，而呈負相關者爲直鏈澱粉含量、水溶性直鏈澱粉含量、非水溶性直鏈澱粉含量、最大吸收波長、蛋白質與澱粉含量等項。

至於胺基酸不但悠關稻米營養，在不同水稻品種或貯藏性蛋白質中，其胺基酸含量更有相當的差異存在（謝等，1975；Padhye and Salunkhe, 1979）。在胺基酸組成與食味關係間之探討中，國外研究指出穀胺酸(glutamic acid)和天門冬胺酸(aspartic acid)對食味有正面之促進效果(Matsuzaki, *et al.*, 1992)，然Chikubu *et al.*(1983)之研究結果卻爲相關係數不顯著，吳等(2000)指出食味總評與離胺酸(lysine)、色胺酸(tryptophan)、異亮胺酸(isoleucine)、半胱胺酸、酪胺酸(tyrosine)、脯胺酸(proline)、纈胺酸(valine)及丙胺酸(alanine)等8種胺基酸有負相關關係，而含硫胺基酸之含量與食味總評間亦呈負相關；在24個秈稻品種分析中，食味總評與離胺酸、色胺酸、異亮胺酸、脯胺酸、甘胺酸(glycine)及纈胺酸等6種胺基酸呈負相關；在30個稉稻品種分析中，食味總評與異亮胺酸、苯丙胺酸(phenylalanine)、酪胺酸、穀胺酸(glutamic acid)、纈胺酸及精胺酸(arginine)等6種胺基酸亦呈負相關，而與必需胺基酸、酸性、鹼性及極性胺基酸、含硫胺基酸、脂肪族胺基酸、芳香族胺基酸等含量均呈負相關。

三、稻米物理特性

國產稻米的消費主要係以米飯食用爲主，其口感的好壞則決定是否可被接受或拒絕，一般米飯口感常以食味官能品評結果做爲評估食味良劣

及代表消費者的反應，然由於食味官能品評的可變因子頗多，故須藉助與食味測定有關之儀器或理化特性等分析方能掌握食味之性質與變化，而食味良劣評估主要有二大途徑，一是經由物理特性分析來進行；一是利用化學特性分析來達成，前者多係利用日人研製之米質質地分析儀(texturometer)及Brabender或RVA黏度測定儀來測定，即利用米飯質地及澱粉黏度特性之差異來解析食味的變化。而後者主要分析與食味關係密切之化學特性，而根據掘末(1983)指出化學特性約可解釋70%之食味變異，且米飯物理特性的重要性並不亞於化學特性的論點來看，如能配合化學及物理特性的分析，對食味變異的掌握應可更形提升。

1. 米飯質地

所謂米質質地分析儀(texture meter)是模擬人類口腔咀嚼運動方式所設計發展出來，是一種將米飯構造進行數值化測量之機器，其可測量如硬度(hardness, A)、粘性(viscousness, B)、均衡性(balance, C)、凝集性(cohesiveness, D)、附著性(adhesiveness, E)、彈力性(springiness, F)等六項，目前國外已有數篇應用此機器之研究報告出現，並指出米飯質地中的硬度(Suzuki, 1979)、粘度及均衡性與食味呈相關性，如以硬度和粘性值繪製之食味喜好性的米飯質地圖(texturogram)，不但可用於食味表現不同之品種群判別用，且非糯稻品種間亦有相當的差異存在，以均衡性介於0.15~0.2之間時，其食味口感最佳(Okabe, 1979)。

影響米飯質地特性之因子頗多，不但品種間有相當的差異，一般非糯性紅米(red-kernel)較非糯性白米之附著性低，但均衡性相對較高，且變異範圍較大(Matsue *et al.*, 1997)。至於秈稻的咀嚼性（硬度x 凝集性x 彈力性，chewiness）則遠高於稉稻，但粘性卻以稉稻最高，而稉型的陸稻次之，秈稻最低。另千粒重與咀嚼性呈負相關，但與粘性呈正相關(Yamada and Ishikama, 1989)。再者，貯藏時間愈長，貯藏溫度愈高時硬度會增加，但粘性會降低。而米粒浸泡時間的長短、烹煮時之加水量多寡及蒸煮器具種類等均會影響機器測定值(Okabe, 1979; Okamoto *et al.*, 1992)。而無機成分鎂(Magnesium)含量與氮(nitorgen)、鉀(potassium)乘積值之比值與粘性亦有正相關(Okamoto *et al.*, 1992)。再者，穀粒的成熟度亦與硬度有關，過度成熟時硬度會較高，而粘性會降低，然青米的硬度值會稍低，而粘性值略高(Matsue, 1998)。

由於米飯質地特性與食味間的關係十分密切，國內近來對質地特性的研究亦有著墨，在米飯質特性6 x 6全互交遺傳分析中，結果發現硬度、凝集性、咀嚼性、附著性等變異相當大，是由累加性效應與顯性效應所控制，其中除凝集性爲顯性效應大於累加性效應外，其餘性狀均爲累加效應大於顯性效應（郭和劉，1987）；而除了凝集性外，其餘性狀的遺傳率高，於早期世代應可利用米飯質特性來選拔食用品質佳的材料，不過由於存在細胞質效應，仍須注意母本的選擇。至於質特性與食味間之關係，許和宋(1988)利用5個稉稻及3個秈稻等國內主要栽培品種進行研究，結果發現食味與硬度、凝集性呈負相關，而與粘性、均衡性、附著性則呈正相關。許(1994)以117個水稻品種的研究結果亦指出食味與硬度呈負相關，但與粘性及均衡性則呈正相關，並與各項化學特性諸如直鏈澱粉、可溶性直鏈澱粉、最大吸收波長、總糖、脂肪及澱粉含量等存在不同程度的關係，吳(2001)亦指出食味總評(overal sensory evaluation)與米飯質地特性之粘性(stickiness)、均衡性(balance)與附著性

(adhesiveness)均呈正相關，而與硬度(hardness)、凝集性(cohesiveness)及彈力性(Springiness)呈負相關。由試驗結果顯示米飯質地特性與稻米品質間的關係十分密切，是值得深入探討的課題。

2. 黏度特性

米澱粉是米粒的主要成分，是由直鏈澱粉和支鏈澱粉所組成，這兩種澱粉形態所形成的構造會顯著影響澱粉的理化性質、凝膠與老化。而澱粉在加熱糊化過程中，在充足水分子的供應下，當加熱至某臨界溫度時，澱粉顆粒的非晶區便開始發生水合作用，此時的溫度即爲糊化始溫。水分子在侵入澱粉顆粒後，會破壞原有的氫鍵(hydrogen bond)結合，使得澱粉顆粒開始膨脹，並與水分子相互推擠進而形成具黏度的米糊，又隨著逐漸增溫過程的持續，米糊的黏度隨之逐漸提高，當非結晶區的水合作用達到最高時，水分子即侵入結晶區，最後澱粉顆粒因極度膨脹而破裂，使得內部的物質擴散釋出，此時之黏度即爲尖峰黏度。糊化後的澱粉若進行降溫時，由於能量的消失，澱粉分子會再度接近而形成氫鍵，水分被擠出而形成半固態的膠狀物質，若再經乾燥脫水時，由於氫鍵結合愈趨緊密，最後會形成無法恢復的高度結晶物，此一過程即爲澱粉的老化(Hoseney, 1971)。米澱粉在加溫、降溫等糊化過程中，其黏度特性所產生之變化是澱粉特性的重要指標，目前以Barbender連續黏度測定儀爲測定上應用最廣泛的儀器，其主要是以一定濃度的澱粉懸浮液（米糊濃度），在等速率持續加溫、定溫及溫度下降等加水受熱發生糊化過程中，測定其米糊黏度(amylogram values, AV)的變化情形，惟此儀器在測定上較RVA耗時。

近年來利用黏度特性探討稻米品質良劣的研究逐漸受重視，國內外研究顯示影響黏度特性表現的因子頗多，諸如品種(Bhattacharya and Sowbhagya, 1979)、米糊濃度（許和吳，1998）、化學成分含量(Julinao, 1985b; Julinao and pascual, 1980; Chang *et al.*, 1984)、貯藏時期(Merca and Juliano, 1981; Julinao, 1985b; Perez and Juliano, 1979)、栽培環境、穀粒著生位置(Matsue *et al.*, 1995a; Matsue, 1998; He *et al.*, 1990)等均有影響。Bhattacharya and Sowbhagya (1979)利用45個稻品種研究發現品種間的AV表現差異很大，而Matsue *et al.* (1997)亦發現紅米(red-kernel)的尖峰黏度及破裂率較傳統白米低，且品種間的變異大。在濃度方面，一般以12%的米糊濃度適於分辨中等及低直鏈澱粉品種間之差異(Perez and Juliano, 1979)，然比較8%、10%及12%的米糊濃度時，發現8%米糊濃度下測得之AV對米飯食味變異的解釋力最高(許和吳，1998)。再者，亦有研究指出以5~16%不同米糊濃度進行AV分析時，可將45水稻品種區分成八個類群(Bhattacharya and Sowbhagya, 1979)。至於糯稻增加米糊濃度則無法提高品種間的區別效果(Merca and Juliano, 1981)。

連續黏度測定儀發展之初主要是用於高直鏈澱粉稻品種之研究，是加工上研究澱粉特性的重要儀器，因此於中等及低直鏈澱粉含量等品種上之應用較少。近來國內對低直鏈澱粉含量品種之黏度特性表現及其與食味間的關係亦開始重視，許多研究均指出AV與食味良劣有密切的關係，其中與食味呈極顯著正相關者有熱糊黏度、破裂黏度、總回升黏度、相對破裂率、回升率、破裂率等六項，而呈負相關僅回升黏度一項，相關係數不顯著者有糊化溫度、尖峰黏度、總回升率等三項(Lii *et al.*, 1986)； Chang and Lii (1985)另指出水稻在不同栽培年度中，AV特性中的破裂率、冷糊黏度、回升黏度、回升率、總回升率等

特性與食味均有負相關。至於許等(1997)，許和吳(1998)則指出僅尖峰黏度與食味相關係數不顯著或負相關，且除了破裂黏度及相對破裂率與食味呈現正相關外、其它黏度特性均與食味呈極顯著的負相關，上述結果似不一致，但顯示AV特性與食味間確有十分密切的關係。

至於利用黏度特性建立食味迴歸模式的研究則直到最近方有報告出現，許等(1997)以117個品種爲材料的研究中，利用黏度特性建立了R^2值爲0.88的食味迴歸模式，唯由於其所用品種係由種源庫中逢機挑出，因此得到之結果及食味模式較難反應國內品種之黏度特性及其與食味間的關係。許與吳(1998)進一步利用國內33個栽培品種分別於一期及二期作進行食味模式的建立，結果發現食味模式可解釋食味變異高達84~91%，顯示利用黏度特性來掌握食味變化應是一可行途徑，尤其是全互交分析指出AV特性之顯性效應雖存在，但主要受累加性基因所控制（郭等，1995; 1997），似顯示進行育種選拔應具可行性。

稻米品質育種概況

台灣稻米品質改良工作於民國60年由台中區農業改良場正式設立米質研究室，之後便開始進行規劃米質相關之重要工作，然民國60~70年代在以稻米產量爲優先的時代背景下，對於稻米品質的選拔工作直至民國70年才逐漸受到重視，其後由於農委會的決策支持，稻米品質除了已規畫並完成稻米品質分級之暫訂標準外，在民國73及74年亦分別輔導分級小包裝白米的生產、銷售及良質米產銷計畫等，使得特級良質小包裝米開始以大姆指特級良質米、CAS (Chinese Agricultural Standard)特級良質米等成爲國內稻米銷售之主流。再者，農政主管當局也整合國內各試驗研究機構，針對各稻米品質有關之問題進行本土性、系統性之基礎研究，藉以奠定國內稻米品質研究之基礎，諸如稻米理化特性與食味之關係；品質性狀之遺傳；環境與米質之關係；稻米收穫、調製、貯藏及加工與米質之關係；品質檢定與分級、良質米嗜食性調查；米食與健康等研究均逐步展開。另亦藉由良質米適栽區及適栽品種之規劃、輔導良質米產銷、加強良質米栽培生產技術及良質米集團栽培契作等政策的配合，一方面以釐清稻米品質之影響因子，提供育種者有效指標性狀以供利用選拔，一方面以技術層面及行政處理層面來提升國產米的品質。

一、歷年來育成品種品質之表現

至於國內稻米品質育種的情形，可依循黃(1985)將光復後台灣稻米生產改進區分爲五階段來了解，即從民國35年至民國39年爲戰後恢復期；而從民國40年至民國49年爲農業支持工業發展時期；而從民國50年至民國59年爲農工業轉換期；而從民國60年至民國72年爲加速農村建設期；民國73年以後爲稻田轉作期，即稻米品質全面受重視之開始。國內歷年育成之秈稉稻品種在品質特性之表現，恰與這五個階段稻作生產目標有相當程度之關連。因此可透過五個階段生產目標進一步來檢討國產稻米品質育種的表現。

檢視宋和劉(1996)所列歷年來秈稉稻品質特性表現之資料，歷年來稉稻品種之碾米品質若以黃(1985)之台灣光復後稻米生產改進五個階段來看，以完整米率而言，戰後恢復期之品種，大都爲日本人育成，此時期碾米品質尚保持一定水準(67.2%)。之後農業支持工業及農工業轉換期在以糧食增產爲首要目標下，碾米品質乃逐漸滑落（64.6及64.1%）；而在加速農村建設期碾米品質又開始逐漸獲得改善(67.8%)；及至稻田轉作

期碾米品質不但持續穩定，且維持一定改善的幅度。至於秈稻完整米率的變化趨勢與稉稻類似，介於53.0%~60.9%之間

米粒外觀品質之變化亦符合黃(1985)之台灣光復後稻米生產改進五個階段的劃分，其中稉稻透明度、心白及腹白等白米外觀品質於戰後恢復期之品種多保持一定水準；其後農業支持工業及農工業轉換期由於在高產的要求下，米粒外觀品質較不受到重視乃逐漸下滑；至於加速農村建設時期雖仍以高產為導向，但米質問題已開始受到重視，且由於米粒外觀品質在育種過程中屬於較簡易進行的性狀，因此米粒外觀品質之改良績效相當快速。至於秈稻品種米粒外觀之變異則較無一定軌跡可循，究其原因，一則是日本人用力不多，一則是我政府因秈稻栽培面積較少，故似較未受到重視；而研究人員專注於容重量及低直鏈澱粉含量品種之育成，對米粒外觀品質著力不多亦是原因之一（郭，1996）。

至於烹調及食用品質一般包括膠化溫度、直鏈澱粉含量、蛋白質含量及膠體展流度等理化特性。而由歷年育成之秈稉稻品種烹調及及食用品質來看，台灣歷年育成之稉稻品種其理化特性的變異並不大，其中直鏈澱粉介於16~20.9%，而粗蛋白質含量介於5.2~7.6%（郭，1996；宋與劉，1996），此亦是目前推廣品種之食用品質無法依賴米粒理化特性來判定之主要原因；至於秈稻品種之食用品質的變化較大，其中如台中秈10號之米飯較濕、軟且黏，表現上類似稉稻，其原因係其直鏈澱粉含量僅17.8%，而台中在來1號等加工用途米品種由於米飯乾、硬且鬆，直鏈澱粉含量在27.8%以上，因此很容易由各品種直鏈澱粉含量來解釋之。

至於歷年來育成品種之食味表現，由於並無完整的資料可供參考，而食味官能品評所用的對照品種，已隨著育成品種食味表現之提升而有所更替，因此食味品嚐資料在比較基礎不同的情形下，並無法判定食用品質良莠的變化。唯由近期推廣之品種如台中189號、以台稉命名之大部份稉稻新品種、台農71號、高雄143號、桃園1號、台東30號等，其均已獲准推薦或有潛力成為良質米品種，因此理論上，這些品種在適當的栽培管理下，其生產之稻米品質應有不錯的水準。

二、國內品質育種遭遇之問題及其建議

在農政主管單位之主導下，國內稻作育種運作自民國74年第二期起，由各試驗場所之稻作育種人員組成臺灣稻作育種小組，而在此架構下，國內之稻作育種乃開始進行團隊的分工及合作，然近年來因為時代及背景的變遷，使得各場所對於育種目標、需求、方法、人力及物力等均產生相當的差異，故目前已改由各單位獨立進行雜交、早世代選育及產量比較試驗等工作，但各項特性檢定工作、區域試驗及新品種示範等仍由各場所採分工合作之方式分別進行。

稻米品質育種改良之千端萬緒，而各場所之育種目標雖大同小異，然實際育種作為確有相當大的差異，此等差異對稻米品質改良影響頗大。基此，筆者乃針對國內育種家在稻米品質育種改良過程中遭遇之困難及相關建議等加以整理，一方面提供國內育種家參考，一方面希望藉此引起國內對稻米品質的關心與注意，共同努力打造台灣成為亞熱帶水稻品質育種的王國，而文章若有疏漏及謬誤之處，還望各領域之專家提供指正並歡迎來電指教。

米質分析技術之支援：有了米質分析技術的支援，育種家方可依據資料進行品質選拔工作，唯目前國內育種材料米質分析工作僅由台中區農業改良場米質研究室負責，而分析亦僅限於區域試驗及部分高級試驗材料，因此並無法支援育種

早世代材料的米質分析，因此實需擴大台中區農業改良場米質研究室之規模或成立專責機構負責及加速育種早世代米質的分析工作。

評估育種親本及資料庫之建立：關於各育種場所經常利用之親本、國外新引進之品種及國內種源庫保存之材料等相關資料的訊息流通，目前仍有不足之處，若能有系統的進行品質特性評估，對於育種家雜交親本的選擇將有相當大的助益，尤其是建立可供育種家隨時查詢之資料庫，藉以提供查詢與整理大量的遺傳資訊更是當務之急。

人力及物力的調整與整合：自民國73年開始進行稻田轉作後，從事稻作試驗人員已大幅流失，此使得各場所目前從事稻作育種改良的人力及物力均有捉襟見肘的窘境。未來如何透過育種方式的改變，或由部份場所進行育種的分工合作，藉此降低育種工作量而提升育種效率，將成爲未來水稻育種上値得再檢討及調整的課題。但各場所能否形成共識及體諒，農政主管機關是否大力支持是成功與否的重要關鍵因素。

育種目標的調整：國內有8個機構均從事稉稻品種改良，而有3個機構進行秈稻育種試驗，每個機關均從事良質米育種工作，實有疊床架屋之現象。尤其稻作育種的人力及物力逐日缺乏，未來各場的育種目標實有調整的必要，若能設定由3~4個場所進行良質米育種改良，而其餘各場所分別負責區域試驗、誘變育種、超多收米、擴大種屬間變異、品質及抗病蟲中間親本選育、雜交稻、加工用途米、酒米、保健米、分子育種、稻基因轉殖及米質分析等育種相關工作，如此不但可降低育種家之工作負荷，亦可使國內水稻育種體系更趨完備，而研究成果更形豐碩。

規劃試驗研究方向之擬定與整合：多年來國內稻作研究均是在農委會的架構指導下，由各農業改良場所依其本身的研究人力、設備、需求等主客觀條件研提相關研究計畫；因此整體上除了有缺乏較長遠規畫的感覺外，對於稻作發展未來的前瞻性、一致性、整體性及重要性等均有略嫌不足之處。展望未來若能邀集各領域之專家組成團隊，由各專家團隊擬定相關之研究方向及主題，進而研定各主題的細部研究計畫及執行期限，以採用研究計畫招標或外包的方式，徵詢、分配及標售研究計畫於有能力或適當的試驗單位執行，如此農政單位不但可事先規劃台灣稻作的發展目標，對於研究的方向、研究內容及研究的品質亦能有效控制，而經此集中整合人力、物力，亦使得有限的資源能著力於國內稻作發展上最需要的課題。

建立稻米品質檢驗制度：稻米品質之提升除了重視良質水稻品種育種外，其中有關稻米品質分級之暫訂標準、良質米適栽區規畫、良質米適栽品種的推薦及小包裝米的生產與銷售等在農政主管機關的大力推動下，大部份的工作均已完成。唯實際上優良品質之稻米其目前在市場上的價格並未有效提高，因此造成農民生產優質稻米的意願不高，尤其現有食味優良之水稻推廣品種，其栽培特性及稻穀產量通常較差，栽培管理上較爲繁瑣困難，如相對價格沒有提高，經濟上對農民的栽培誘因不高，使得良質米在推廣上發生困難。解決此一困境，唯建立完善的稻米品質檢驗制度而已，尤其是建立快速濕穀品質分析系統，可使糧商有效區分良質與劣質稻米，進而做到稻米品質分級分倉管理、調製與銷售，促使良質稻米在市場上銷售的價格得以提高。也可令消費者不但能吃到好米，而農民在本著重視品質的理念生產良質米時，亦可因糧商願意提高對良質稻米的收購價格，促使農民種植良質米的意願增加，進而保障生產的收益。

加強消費者教育與行銷：稻米銷費者的興趣與信心是稻作產業的最終原動力。在過去強調溫飽的時代，消費者對品質的要求不高，近年來生活水準提高，消費者對稻米品質的要求也顯著提高，尤其在已加入WTO的情況下，消費者可以直接在市場上比較各國稻米的品質。遺憾的是，我國的品質改進似乎尚沒有在消費者心中建立足夠的信心，在媒體及相關訊息傳播中消費者對日本米、美國米、甚至於大陸東北米的印象似乎高於臺灣生產的良質米。除了提昇育種成效與檢驗管理外，農政單位的行銷投資與專業都嫌不足，甚至不如外國稻米協會在我國的行銷策略，農政單位有必要深入檢討，以更專業的手段加強對消費者的宣傳，強調臺灣良質米的優點，經由廣告傳播增加消費者對臺灣稻米的信心，選購優質的國產良質米，否則所有的努力皆將功虧一潰矣。

建立研究成果的分享制度與規範：研究成果的如能適切的共享，除可激勵稻作育種分工合作的效率，亦符合公平正義的原則。因此未來若採分工合作的方式進行育種，對於參與早世代、晚世代、區域試驗及特性檢定之相關有功人員，其育成成果的分享應有完善的制度與規範，如此可使各場所參與分工合作的意願及效率有所提高。

成立水稻研究專責機構：國際稻米研究所其不論規模、研究人員、經費及技術等均爲世界首屈一指的專業水稻研究機構，反觀國內，近年來不但從事水稻研究之人員已逐漸年輕化，而其中亦不乏具有博碩士學位者，因此若能集合各場所水稻之人力及物力，召集水稻育種、栽培管理、遺傳、生理、土壤、農化、分子育種及統計等各領域之人員，進而成立臺灣水稻研究所，讓水稻相關研究能因各領域的整合而產生加成作用，進而提升台灣水稻的國際研究水準，使研究成果更上層樓，進而與世界各產米國家一較長短。

稻米品質育種技術

一、傳統育種方法

水稻育種的方式與自交作物大致相同，通常是選擇理想的同型結合親本進行雜交，再經由自交後代中選育優良基因型是目前最廣泛使用的方法，例如：水稻、大豆、蕃茄、小麥等作物都適合利用雜交法來培育出新品種。至於作物育種家重要工作就是做出正確的選擇，以最有效率的選拔程序來控制分離族群，並以有效的育種方法來促進雜交族群的形成及加快選拔具有理想重組特性的品系或單株。在自交作物的育種中，多種育種方法都可用來獲得表現優良的品系，這些育種方法的有效性不但在多種作物的試驗中獲得驗證，並已廣泛行之有年，其中譜系法(pedigree method)、混合法(bulk method)、單粒後裔選種法(single-seed descend method)是最常見用來處理自交作物分離族群的育種方法。至於目前國內稻米品質育種則仍以譜系法爲主，而混合法或類似混合法(世代促進)育種方式在部份水稻育種機構亦有逐漸增加採行的趨勢。由於國內稻米品質育種仍以譜系法爲主，故將譜系法一般流程及操作注意的事項摘述如下：

譜系法：

F1世代：單株種植F1植株生產F2種子，F1種植之株數以可生產符合F2 族群規模所需之種子量爲原則。

F2世代：F2族群之大小及組合數目受田間規模限制，以可容納F3總系統數爲範圍。至於選拔強度較無一定規則可循，當外表觀察容易判別時則淘汰趨於嚴格。一般育種家通常每一組合至少選拔10~50系統以上，淘選率約爲20分之1至100分之1。

F3世代：由於本世代開始出現系統間的差異，因此系統內至少種植24~30株，以彰顯各系統農藝特性上的異質性；選拔上著重於優良系統之選拔，原則上先選系統，再由系內選拔優良單株；而非獲選系統內若有優異之個体亦不可忽略，而亦應加以選拔之；唯同一個組合中若平庸無特異表現或不符合育種目標需求時，整個組合之系統均應放棄；若進行之組合中有多數優良外表型可供選擇時，則所選數目在規模容許下可增加之。

F4世代：F4世代之操作與F3世代相似，然因許多系統已漸呈純質化；因此系統內的遺傳差異已逐漸變小，而系統間之遺傳差異則逐漸變大，因此應更注重系統間的選擇。但選拔時仍應以單株選拔進行之。而若系統內之純質性尚差時，育種家可於F5世代再進行較嚴格之選拔。

即於F2已除去有缺點的個体；F3淘汰不良的系統群或系統。而F4世代因系統間的遺傳差異較系統內個体間之差異爲大，故可於F4世代開始嚴格選拔以減少系統數目。

F5世代：系統之潛力(genotype)大都已趨於固定，因此F5系統除了先選出優良單株供下世代種子種植外，其餘植株可混合收穫，供做初步產量比較、特性檢定及品質分析等利用。

此時育種選拔已由原先容易目測觀察方式轉爲需要精密準確性的調查。原則上以嚴格淘汰平庸系統出發，再以經濟生產爲觀點選拔出或高產，或特性檢定優良，或品質優良之品系。

F6世代：F6之後的世代除了進行嚴格選拔外，優良品系亦開始進行多重複、不同期作、不同年度之產量比較試驗。唯各育種機關基於雜交組合的特性及育種目標的考量，其育種材料不但進入產量比較試驗的世代不同，且進行時間的長短亦有差異，諸如高雄區、台南區、台中區、桃園區、花蓮區及台東區等農業改場大致上以進行一期作的初級產量比較試驗，及一年二期作的高級產量比較試驗爲原則；然農業試驗所高級產量比較試驗則進行二年四期作；嘉義農業試驗分所目前僅進行二年四期作之產量比較試驗。

至於產量比較試驗之後，各育種機關在考量產量、特性檢定及品質等綜合表現後，乃分別選出1~2個優良品系參加區域試驗。至於區域試驗目前於全國7個試驗場所進行二年四期作，經此了解優良品系在不同環境下是否具有生產的穩定性及經濟的生產價值。

二、誘變育種法

國內優良的栽培稻品種通常米質特性的表現並不突出，而水稻育種上目前最常採用之手法是利用良質材料作爲貢獻親，將優良米質特性導入高產品種中，藉此提升高產品種之品質表現。但品質特性之控制基因相當繁多且雜交後代會發生分離、重組，因此同時具備良質特性與優良農藝特性的機會並不多，尤其雜交後代在品質特性的表現上常有偏向品質較差的趨勢，因此無法有效提升良質米的育種效率。國外研究報告指出可利用化學誘變劑誘發稻米品質特性之突變，諸如蛋白質、貯藏性蛋白質、胺基酸、心白、大胚、粉狀質、澱粉特性、糯性、半糯性、高直鏈澱粉(Iida,1995; Kikuchi, 1994; Okuno *et al.*, 1983; Satoh and Omura, 1981.)等，顯示利用誘變手法

可以改變稻米品質特性的表現，尤其是在不影響高產品種農藝特性表現的原則下，一方面保留高產品種的優良形質，一方面則利用可誘發少數基因突變之化學誘變劑（陳和黃，1984；Afsa Awan *et al.*, 1980）。諸如疊氮化鈉、EMS及NMU(N-methyl-N-nitrosourea)等來誘發品質特性改變，進而選育品質特性表現較佳之材料，逐一提升栽培品種各項品質特性之表現水準，以達到選育良質米品種之目標，因此誘變育種應是良質米選育另一值得嚐試的途徑。唯國內對於品質特性的誘變育種著墨不多，筆者最近曾利用化學誘變劑誘變台農67號及台稉8號等數個品種，目前已由誘變後代中選育出低腹白、優良食味、糯稻、極低直鏈澱粉含量(8~11%)、低蛋白質、大心白、香米及精米後米粒爲黃金色米特性等材料（未發表資料），未來除了評估這些突變體在品質特性之穩定性外，亦開始著手進行突變品系實用性之評估。

此外，以花藥培養實際應用於水稻品種改良上，目前中國大陸已有研究成果發表。其原理基於培養細胞之基因表現會受環境和遺傳等控制，而造成培養過程中發生了許多變異，因此可於花藥培養的後代中進行選育工作。中國大陸利用水稻花藥培養已育成81個品種和品系諸如抗除草劑、抗眞菌毒素、蛋白質及離胺酸(lysine)含量高之突變體，未來正朝向高品質、高產及耐鹽突變體等方向進行改良工作（蔣和潘，1991）。

三、稻米品質育種技術之經驗

影響稻米品質的因素很多，如品種、栽培環境、氣候、栽培方法及收穫處理，其中以品種及栽培環境對米質的影響最大。臺灣在地理位置上屬於亞熱帶，是世界上少數在低緯度栽培稉稻的區域，其環境異於一般認爲可生產優質米的溫帶地區，然而在農藝專家的努力下，已育成不少“質軟香Q”的好品種，與國際水平不惶多讓。而展望未來提高稻米品質之方法，主要係透過育種手段來改良影響稻米品質之理化因素，因此若能透過更多的討論、溝通及交流，從而建立台灣專有的亞熱帶稻作育種體系，則未來台灣稻米育種的前途將是無限光明。

育種組合數與分離族群大小：就數量遺傳的觀點而言，以組合數愈多，其獲選機率會愈高。唯組合數與族群大小需考量育種資源的分配與利用，因此整體而言，若雜交育種親本的血緣較近時，且目標性狀遺傳控制機制較爲單純明確時，可以增加組合數目，而減少族群大小進行之，然若親本的血緣較遠，而目標性狀遺傳控制機制較複雜不明時，則族群中組合各項優良特性之材料的出現機率相對較低，故宜減少雜交組合數，擴大族群的規模，藉以增加各項特性俱佳材料的出現。另選拔強度亦不能太嚴格，或選拔可於較晚世代進行之，以提高基因重組的機會，進而選育各項特性俱佳之材料。

品質特性之正反交效應：由於雜交育種之品質特性常有正反交效應的存在，以台稉1號與台稉8號進行正反交育種爲例，台稉1號食味優於台稉8號，而台稉8號栽培特性及產量優於台稉1號；而在正反交組合F3世代中，筆者分別各選拔約100個品系左右，進一步比較正反交各品系食味值（AN-800及MA-30儀器測量），結果發現正交組合的平均表現優於反交組合的品系（未發表資料）。因此以品質爲目標進行雜交育種時，應以食味或品質較佳者爲母本，如此後代出現優質材料的機會較高；反之亦然，以農藝特性、抗病蟲及產量爲目標時，以栽培特性及產量優良的品種爲母本，而品質優良之品種爲父本，如此後代出現農藝特性、抗病蟲及高產的機率會較高。

雜交後代品質特性之表現：利用品質佳的品

種與農藝特性好的品種進行雜交後，其後代品質特性的表現偏向農藝特性佳的品種，即雜交後代的白堊質或食味平均表現會較差，因此早世代選拔不能太嚴格，選拔所需之族群規模亦須要擴大，其中白堊質可於早世代先行淘汰，並於晚世代品系較爲固定時，再選出高產低白堊質之品系。至於食味選拔則可利用食味計(AN-800)或味度計(MA-30)選出食味優良的品系再進一步產量比較試驗，藉以選出產量及品質俱優的品種。

回交或三系雜交手段的利用：由於良質品種與高產品種雜交後，其後代品質特性的表現偏向較劣的親本，因此建議可利用良質品種與高產品種雜交後，再利用良質品種或另一不同的良質品種爲母本，再進行回交或三系雜交，如此雜交後代良質材料出現的機率會相對較高，唯三系雜交後代會有較大的分離情形，品系固定所需的世代數較長，育種操作上宜注意之。

逐步增加或提高優良品種品質特性之表現：透過雜交育種雖可創造全新的品種，然而截至目前爲止，國內水稻幾個推廣品種均有缺點存在，故對提高良質米栽培面積及其業務均造成相當大的困擾。檢視目前栽培面積較多的台稉8號及台農67號，其雖有栽培管理簡易、適應性廣及產量高的優點，然兩品種生產之稻米在食味表現上並不突出，尤其台農67號有腹白米粒出現更是影響其栽培價値。再者，新育成之台稉14號雖白米外觀品質、農藝特性、抗病蟲害及產量的表現均在水準之上，然其穗上發芽率高且食味表現並不突出，使得農民栽培的意願無法大幅提高。至於食味優良品種諸如台稉9號、台稉16號、台農71號、桃園1號、高雄143號及台東30號等新命名推廣品種，其中台稉9號一期作栽培會有外觀品質變劣，尤其是在突遇高溫、乾旱及穀粒充實後期提早斷水時更是嚴重；而台稉16號除了穀粒具有休眠性、抗稻熱病減弱外，其腹白米粒的出現亦是該品種無法大幅提高種植面積的因素。至於台農71號、桃園1號及高雄143號雖食味表現相當不錯，然因株型倒伏性、抗病性及產量等問題，仍有待栽培技術的配合，方能突破栽培推廣上的障礙。

由於目前推廣之栽培品種均有特定的缺點存在，而部份缺點若能透過回交育種進行改良，於較短時間內對現有優良品種的缺失作有效的改善；或以逐步提高優良品種品質特性的方式，逐一改善優良品種的缺失，其雖無法短時間內創造全新的品種，但長時間進行改良將使國內水稻品種的表現日趨優秀完美，故育種家不應過份執著於新品種的創造，如果能再著眼於現有優良品種缺失的改良，對於農民的經濟栽培可能效益更爲宏大。

品質理想株型之建立：國際稻米研究所近來提出理想株型(ideotype)或新株型(NPT)的觀念；中國大陸亦提出溫帶稻米理想株型，強調所謂株型育種與生態育種；至於台灣水稻研究成果雖然相當豐富，但目前尚無亞熱帶理想株型的建立，尤其所謂良質米的理想型仍待建立（黃等，1998）。吾人應針對台灣數十年的水稻遺傳育種、生理成果與經驗加以整理，找出屬於台灣水稻的理想株型，尤其是稻米品質的理想株型（包括理化特性）的制定，可讓育種家有所根據進而選育出高品質之品種。

筆者拋磚引玉，依部分文獻與經驗於此提出適合臺灣地區優良稻米品質的理想型性狀，供育種者參考與討論：

此理想型乃針對台灣特殊水稻生育環境，如一期作穀粒充實期之高溫多濕而設定，目標爲選育出維持現有品種高產性狀，降低米粒心、腹白率、屑米率、增加米粒整齊度、進而提升品質之

“良質米”品種．歸納出之株型爲：

1. 穀粒充實度佳，糙米比重高、密度大。
2. 較小粒型，稻穀長寬比大於2，可以「越光」之粒型爲參考。
3. 穗內「高比重穀粒」之比率高，穀粒間比重變異小。
4. 穗上一次枝梗多。
5. 適當減少現有品種分櫱數，增加每叢內(hill)穗之整齊度，降低穗內充實不良米之比率。
6. 調整穀粒充實速率與充實期，適度降低充實速率，增加充實期。（一期作產量與充實速率成正相關，但由於此高充實速率也造成心、腹白率增加。）
7. 分期選拔，分期育種，選育適應各期作生育環境之品種。
8. 考慮增加秈粳雜交組合，兼取秈稻適應高溫環境與稉稻品質優良之優點。

期望專家學者針對上述拙見，多提供經驗與看法，方能匯集眾家智慧，整合出選育“臺灣良質米”的實用理想型。

食味選拔的操作手法：食味選拔有兩種操作手法，一爲先選出農藝特性、抗病蟲及產量表現較佳的材料，再由這些材料中選拔食味最優良的品系；另一方式則以良質品種（台稉9號）爲基準，選出食味較佳的品系後，再由這些良食味之品系中選育農藝特性、抗病蟲及產量表現較佳的材料。兩種方式其均有賴食味分析儀器支援，前者由有經驗的育種家於田間或特性檢定中可有效選育之，因此所需人力及物力之花費相對可能較少，但食味最佳的材料可能因農藝特性、抗病蟲及產量等與食味有相關存在，因此在選拔過程中會有所遺失；至於後者可選出食味最優良之品系是此一方式的優點，但因需針對所有品系進行食味分析，因此在品系收穫、樣品調製及食味儀器分析等會花費相當的人力及物力，此即其缺點所在。採用何種方式進行食味選拔則端賴育種家所能運用之資源而定。

稻米品質育種策略

在育種策略上，國際水稻研究所根據育種上不同的要求和性狀不同的遺傳方式，其育種方法亦隨之改變。在選育由主效基因控制的多抗性材料時，採用譜系法進行；而在選育具各種不同抗褐飛蝨基因品系時，乃採用回交法。而在選育多基因控制之性狀時（如抗紋枯病、抗螟蟲及蛋白質含量等），採用雙異系選擇交配系統法（蔣和潘，1991），由具有該性狀之兩個不同親本進行雜交後，由後代系統中選出具該性狀之優良品系，優良品系再進行雜交，使得控制該性狀的多數基因能組合於一品系中，從而選出優質、高產及多抗性的品種。再者，隨著細胞工程和基因工程的發展，最近已有育種家開始運用這些先進技術於育種過程中，對於未來育種方法、結構及技術均有重新考慮的必要，尤其對水稻品質育種應先加以調整因應方可有效提升品質育種之效率。

水稻育種效率端賴適切的育種策略方能有效提升，尤其稻米品質育種若能擬定適當的育種策略，逐一解決品質育種過程中之諸多瓶頸，相信不難突破目前稻米品質之水準。至於國內稻米品質改良之策略基本上是：1.雜交親本者儘可能挑選農藝特性各具特色之良質米品種（系），選育之目的則在組合分散於各親本之優良性狀。2.利用可靠之相關性狀或指標性狀進行間接選拔。3.選育部分農藝特性優良而碾米品質和食用品質俱佳之中間親本。4.根據育種上的不同要求和性狀的不同遺傳方式，選擇適當的育種方法，提高品質育種效率。爲配合育種策略的推行成功，展望

未來稻米品質育種所須面臨的工作1.廣泛搜集和鑑定優質種源；2.進行深入的基礎研究，找出或建立選拔的指標性狀；3.建立簡單易行而可供育種應用之品質分析技術。諸項工作之原則雖然簡單明確，非一朝一夕可達成，除了有賴上級決策單位之支持外，稻作同仁之執著、敬業與合作，方可邁過障礙，步上成功之路。

一、廣泛搜集和鑑定優質種源

台灣地區在民國11年起方有稉稻之栽培，至民國33年稉稻栽培面積達67%，其成就主要是台灣光復初期，各育種場所以戰前留下之品系爲基礎，針對產量及稻熱稻反應進行選育，先後育成光復1號、光復401號及台中65號，而民國46年選育出穗重型、耐肥性強且抗稻熱病特性之嘉南8號和嘉農242號，之後於民國54年又育成台南5號，推廣三年後栽培面積即領先其它品種，直至民國68年方由台農67號所取代。至於秈稻品種改良在台灣光復初期仍然非常混亂，經過篩選得到114個栽培品種，並於民國46年台中在來1號命名登記後，秈稻育種改良始揭開序幕，由於台中在來1號爲高產、適應性廣及抗稻熱病之半矮性品種，尤其是半矮性特性使該品種可耐重肥而不倒伏，因此該品種在民國57~58年間種植面積高達81萬公頃（郭，1996）；而半矮性的特性也廣受世界各種稻國家所種視，運用該半矮性特性國際水稻研究所先後育成了IR8至IR64等30幾個品種，而形成水稻的“綠色革命”。由水稻育種歷史來看，水稻育種是否取得重大突破性的進展，主要應歸因於品種資源的保存與利用，因此充分掌握稻種資源的數量和質量，而對資源進行深度及廣度的研究將是水稻育種是否取得突破性進展的重要基礎。

1. 國內資源的鑑定與篩選：水稻是台灣最主要的作物之一，其面積與產量均在世界水準之上，尤其國內稻的種源庫已累積近萬個材料，顯示稻種源相當豐富，因此今後應對些材料加以鑑定和篩選，使得優質米品種的數量可大幅提升，進而提供稻品質育種上利用，使得品質育種在質與量均可顯著提升。
2. 國外資源的鑑定與篩選：國外稻種資源的引進是品種資源研究的重要課題，尤其是在充分搜集及利用國內稻種資源後，有計畫的引進國外優質種源，其對台灣水稻的生產和科學研究都有積極的激發作用，尤其是與台灣稻米食味口感類似之材料或特殊品質遺傳材料的引進，對創造台灣更優質的良質米及提升稻米的利用範圍將有重大的助益。

二、建立品質育種選拔的指標性狀

稻米品質的改良以育種爲最主要且有效的手段，然國內通常於F2~F5世代進行米粒外觀品質的汰選工作，而米理化特性及食味官能特性的分析通常需至高級及區域試驗時方進行。由於育種過程中僅針對米粒外觀品質進行選拔，而未針對影響食味的理化特性進行選拔，因此良質米的選育工作似未眞正有效落實及提升，而造成此一現象主要係因影響食味良劣的因子相當多，在未釐清食味影響因子的情形下，育種者由於缺乏有效指標性狀可供利用選拔，乃造成良質米選育的困難。因此唯有找出適當的指標性狀進行選拔，品質育種效率方可有效提升。

1. 農藝特性作爲指標性狀

稻穀是水稻生產之最終產物，而稻穗是穀粒著生之位置，因此稻穗形態特性之表現與穀粒產量間應有相當密切之關係（吳等1993a；1993b；1994），而國內水稻育種者常以穗形與株型之表現選拔具高產潛能之品種，致使稻穗構成性狀之

表現成爲國內育種者選拔之重要依據。然隨著國人生活水準之提升，對於好吃稻米之要求日益殷切，因此良質米品種之選育乃成爲當前育種之重要目標，而在兼顧產量與品質雙重目標下，對於稻穗構成要素等農藝性狀與品質特性間之關係的釐清便十分重要，因穗構成性狀不但悠關穀粒產量，其與米質特性間亦有關係存在，若僅以穗構成性狀進行選拔時，對品質特性應會產生相當程度之影響。

然探討穗構成性狀與品質特性間關係之研究報告並不多，筆者曾就水稻穗構成性狀與單株產量、米粒外觀品質間之關係進行探討，並發現穗構成性狀與穀粒產量、心白粒率、腹白粒率、粒形、糙米千粒重等有相關，且隨期作不同其關係亦有差異（吳，1995）。而由國外研究中亦發現稻穗不同位置著生之穀粒，其直鏈澱粉與蛋白質含量上有差異存在(Matsue, 1995)，而稻穗上一次枝梗、二次枝梗生產之穀粒，在食味、黏度特性、直鏈澱粉及貯藏性蛋白質含量上亦有差異存在，並以一次枝梗上之穀粒品質表現較佳(Matsue *et al.*, 1994)。而吳等(2001)利用54個水稻品種爲材料，結果發現在秈稻米飯之口味、黏性與二次枝梗粒數、每穗粒數、每穗穎花數、穗著粒密度均呈顯著正相關；而外觀與穗著粒密度間亦呈顯著正相關，而硬性僅與產量呈顯著正相關。至於稉稻食味總評與稻穀產量一項呈顯著負相關；硬度與二次枝梗粒數、穗數間呈顯著正相關，然穗數與黏性呈顯著負相關。結果顯示穗構成性狀與稻米品質間應有十分密切之關係，因此似可以農藝特性之表現作爲品質育種之指標性狀，提高優質材料獲選之機率。

稻米品質是遺傳與環境交感下逐漸形成，有關適合臺灣環境之良質品系的相關農藝性狀，讀者或可參考本文前節所說明之優良品質理想株型的建議。

2. 米理化特性作爲指標性狀

品質化學成分、黏度特性、米飯物理特性等已知與食味變化有關，但其對食味變異之解釋率程度爲何?特性彼此間之關係又爲何？利用品質特性推定食味良劣之實用性又爲何？品質特性的遺傳率如何？這些疑問因影響食味良劣之理化特性尚未完全釐清，且育種上亦無利用理化特性進行選拔之結果可供參考，因此是否可利用理化特性推定食味之變化，需待食味良劣之影響因子釐清後，才能有較深入之探討及應用。唯影響食味之因子相當多，它是米粒中各種化學成分、米粒結構等之綜合反應，因此僅以少數化學成分含量似無法有效掌握食味之變異，唯有針對各種可能影響食味之米理化特性進行較完整性之探討，如此方能擇取適當之理化特性來掌握食味的變化。

國產稻米的消費主要係以米飯食用爲主，而其口感的好壞則決定是否可被接受或拒絕，一般米飯口感常以食味官能品評結果做爲評估食味良劣及代表消費者的反應。然由於食味官能品評的受制因子頗多，須藉助與食味測定有關之儀器或理化特性等分析方能掌握食味之變化，而食味良劣評估主要有二大途徑，一是經由物理特性分析來進行；一是利用化學特性分析來達成，前者多係利用日人研製之米質質地分析儀(texturometer)及Brabender連續黏度測定儀來測定，即利用米飯質地及澱粉黏度特性之差異來解析食味的變化。而後者主要分析與食味關係密切之化學特性，諸如直鏈澱粉、蛋白質及脂肪酸等項目，即利用化學特性表現之差異來解釋食味的變化。而根據掘末(1983)指出化學特性約可解釋70%之食味變異，且米飯物理特性的重要性並不亞於化學特性的論點來看，如能配合化學及物理特性的分析，對食味變異的掌握應可更形提升。

以米理化特性做為食味良劣之指標是米質研究上追求之目標，而若能以米理化特性之表現掌握食味變化，進而建立食味模式供食味變化推定利用，則對米食味之分析與良質米選拔效率之提升將有相當大的助益，唯相關研究並不多。日本學者曾利用黏度特性、蛋白質、碘液呈色度等米理化特性建立稻之食味模式，唯模式對食味變異解釋率仍不高(R^2=0.701)。國內學者（許等，1997；2002；許和吳，1998; 許，1994；吳等，2002）以黏度特性建立之食味模式則可解釋食味變異達84~91%，顯示利用黏度特性來掌握食味變化應是一可行途徑。

3. 簡易品質分析技術之建立。

品質育種最大的頸瓶在於育種雜交後代數量相當龐大，進行品質特性選拔時由於需處理大量的雜交後代，因此以手工化學分析雜交後代，不但費時費力，在實際執行上更是會遭遇相當大的困難，尤其是食味官能品評分析需訓練有素的品評員，所需的樣品量亦頗多，在雜交早期世代樣品數多及樣品量少的情形下，其執行上不但相當困難且實際上亦不可行。對於品質特性數量化及儀器化之測定，國內目前品質特性利用儀器測量者有白米外觀，主要係利用白度計、米粒判別器(grain appearance discrimmeter)等進行；化學成分含量則以直鏈澱粉及粗蛋白含量為主要測定項目，其中直鏈澱粉採用自動化學分析儀仿Juliano *et al.* (1971)之方法測量，而粗蛋白則透過近紅外線光譜儀(NIRS)測量之（吳等，1997；吳等，2000）；米飯物理特性中之質地特性多利用日製米質質地分析儀進行（許，1994；吳，2001）；而澱粉黏度特性則以Brabender Viscograph連續黏度測定儀（許等，1997，許和吳，1998;許，1994；吳等，2002）及RVA快速黏度分析儀（洪和郭，2000）進行之。

至於利用近紅外光分析儀 (near infrared reflectance spectroscopy, NIRS)評估水稻理化特性及食味良劣已日漸普及（吳等，1997；吳等，2000；彭，1995；劉和蕭，1995；蕭，1996；劉等，1996；李和蕭，1996； Villareal *et al.* 1994; Delwiche *et al.* 1995; Kasahara 1996），目前日本已有七種利用近紅外光分析原理研發之食味評估儀器，諸如Kett公司AN800型，靜岡公司GS-2000型，久保田公司的KAS100N型，佐竹公司CTA10A型，山本公司RA-6500與島津公司RQ1型等六種穿透式近紅外光分析儀器(NITS)，而NIRECO公司研發之6500HON則為掃描式近紅外光分析儀器(NIRS)；此外，東洋精機公司推出之味度計係利用偏光濾片以光學反射測定原理，由米飯保水膜厚薄的測定進而推估食味之表現，目前該公司推出MA-30型普及型及MA90型等兩型機種。唯上述八種食味評估儀器係以日本人口感喜好為基礎研發所得，且日本米粒與台灣米粒之形狀及結構均有所不同，因此米形及結構是否會影響儀器NIRS光譜，造成食味計測定台灣稻米食味之準確性受到影響，此一偏差情形仍有待進一步釐清。尤其AN-800食味計可測定之化學項目中，諸如直鏈澱粉、水分、蛋白質、脂肪酸等，經與實際手工化學測定值比較，仍以蛋白質及水分較具準確性，其它兩種化學成份仍有相當之偏差（黃和王，1997），顯示Kett AN-800型之實用性仍待改進。

筆者曾利用國內外栽培品種及新品種示範材料為材料，其中國內外栽培品種包括20個日本育成之稉型品種、20個台灣育成之稉型品種、20個台灣育成之秈型品種、20個IRRI來的品種及20個美國育成品種等100個；而新品種示範材料則包括台農67號、台梗8、台梗9號、台梗14號、台梗16號、台梗17、台中秈10號、台秈2號等不同地

點生產之稻米爲樣品進行食味官能品評，其後兩種不同材料再分別以食味計（AN-800型）與味度計（MA-30型）推估食味之表現（尚未發表），結果發現稉稻食味總評值與食味計（AN-800型）測定值間之相關係數爲0.41；而與味度計（MA-30型）間之相關係數爲0.68。利用新品種示範材料分析結果則發現食味總評值與食味計及味度計間之相關係數均達0.79。在剔除極端值如稉稻中的吉野1號再進行分析時，其食味總評與味度計測定間的相關係數可達0.89左右。分析結果顯示味度計對食味總評的推定能力不錯，尤其食味較佳的越光、北陸100、夢光、絹光、秋田小町、台稉9號及台稉16號等品種，其儀器所測得之食味值均相對較高，因此雜交育種時若能利用此一儀器在品系較固定的世代進行食味選拔，其對於區分雜交後代食味良劣的幫助應相當大。至於AN-800對食味的推定能力雖較之MA-30差，但儀器測定速度相當快，每日約可測定120個樣品，由於育種早世代品系數相對較多，因此應用此儀器進行食味選拔亦十分有利。

爲了育成食味良好水稻新品種，在初期世代、系統選拔及產量比較試驗過程中，利用數種化學成分含量分析儀器，諸如自動分析儀測量直鏈性澱粉(amylose)含量或近紅外線(NIR)分析儀估測蛋白質等化學成分含量等；再配合米飯食味推估儀器，諸如AN-800或MA-30等進行食味良劣之推估；由於品質特性評估過程均以儀器進行，其結果相當客觀，過程亦相當簡便容易，而測定結果亦能反映育種材料的品質特性，因此對於良質育種目標材料的篩檢工作應有相當的助益。其中應用MA-30味度計及AN-800食味計等兩型機器，目前嘉義農試分所選育之材料已開始運用在良食味的選拔上，唯進行測定篩選之材料仍以固定的品系爲原則。

多樣化與專用化稻米之育種

在市場區隔性的要求下，研發多樣性、專用性、甚至科技性稻米受到國際的重視，如日本研發各種的「新形質米」，中國大陸研發的各種專用米與科技米。與產量育種較不同的是所謂“品質”的內涵相當複雜，需要多方面科技的整合，更需要以準確的市場評估爲基礎，否則將造成投資的失敗。以下就僅目前國內外較受重視的幾個項目予以介紹。

一、釀酒品種的選育

米酒是台灣民間相當重要的酒品之一，十分廣泛利用於料理食物或浸泡藥酒等，具有相當可觀的市場價值，因此國產米在米酒的釀製上理應扮演重要的角色，尤其近來因菸酒管理法及菸酒稅法正式實施後，米酒市場大幅開放，競爭十分激烈，也促使適合釀酒稻米品種的需求日益殷切，因此需擬定適當的育種計畫，蒐集適合釀酒親本，及早針對適製米酒等品質特性進行雜交選育工作，如此方能因應市場所需，而農藝育種者此時也可以一展長才。

多年來國產米的利用主要在米飯鮮食，因此有關稻米育種均著重米粒外觀品質優良、食味佳等育種選育，對於加工用品種的開發相當少，尤其適合釀酒的水稻品種幾乎在育種選拔過程中均遭到淘汰，此乃政策及時代需求所致，至於釀酒品種與一般栽培品種育種上的差異主要肇因於釀酒成本及酒麴發酵米原料需求不同所致，因此需針對這些差異分別制定育種選拔策略，方能透過育種選育優良的酒米品種。

一般而言，根據米酒種類大致上可粗分爲蒸餾酒、釀造酒及再製酒等三類，其中蒸餾酒以國產米品種爲原料大都可製出品質不錯的米酒，至於適於釀造酒用之水稻品種，主要由日本人育

成，目前以五百方石、山田錦、美山錦、兵庫北錦、八反錦1號、若水、兵庫夢錦等為主要品種，佔日本水稻栽培約1%以下。近來由於高級清酒的需求擴大，使得日本對優良酒米品種的選育又逐漸重視（前重和小林，2000），至於國內水稻由於未針對釀造高級清酒的品種進行選育，因此尚無品種登記命名。茲將日本釀造用稻品種在育種改良及遺傳的重點及目標摘述如下：

根據前重和小林(2000)指出酒米品種有兩個主要育種目標為1.適製酒性。2.栽培特性

1. 適製酒性

酒米品種之育種上最重要的目標與適製酒性有關，其特質有糙米之粒形大、粒重重、心白發生情形高、蛋白質含量低、吸水性高、蒸飯時消化性好等。

酒米需要粒形大及粒重重主要係糙米千粒重與精米所須時間呈負相關，因此大粒糙米精白至固定精白度所須的時間較短，且大粒品種有心白出現的機率高、吸水早、蛋白質含量低、消化性高的趨勢。以酒米與一般大粒品種比較，當粒重超過30克時，心白及腹白容易出現，適合做為釀造用酒米，而酒米品種糙米千粒重多介於23~31g，其中以美山錦約23~25g，屬於較小粒者，而山田錦、八反錦介於26~27g，屬於中等者，而兵庫北錦介於28~31g屬於大粒者。

酒米要求大心白特性，其原因係因在釀酒過程中，心白米吸水時會產生龜裂，吸水速度增加，而其龜裂的部份酒麴的菌絲較易侵入蒸煮過的米粒內部，有利發酵的進行。唯酒米製備時，其糙米通常須進行高度精白，甚至精白到剩下心白部份，故若心白米發生面積過大時，其在精白過程中恐容易產生無法用於製酒之碎米，當碎米過多時則會導致原料成本增加，此為選拔大心白品系時應注意的現象。

蛋白質及其胺基酸組成是清酒口味及香味不可或缺的成分，當蛋白質含量高時，所製之酒便容易變色、變質，香氣亦會降低，再者，白米蛋白質含量高，在蒸煮米過程吸水速度會有變慢傾向，因此酒米蛋白質含量愈低愈好。

日本在設立酒米研究社後，自1976年起對於釀造酒米分析法已全國統一，齊藤利用21個適於釀造酒及60個一般栽培品種為材料，針對糙米千粒重、吸水性（20分鐘）、蒸米吸水率、消化性的還原糖含量、蛋白質含量等品種間的差異進行探討，且在利用判別分析法區別酒米及一般栽培品種分析中，結果發現糙米千粒重、吸水性、蛋白質含量三項特性的臨界值分別為24.16g、25.52%、5.70%，此一臨界值可作為育成酒米品種篩選依據。

2. 栽培特性

酒米栽培特性的育種目標與一般鮮食用稻米品種者相同，即選育早熟、高產、耐倒伏、耐病蟲性、耐冷性等，由於日本現存酒米品種其栽培特性多較一般鮮食品種差，因此未來在維持酒米品種釀酒特性的要求下，可利用酒米與現有優良的鮮食品種雜交，逐步改良酒米的栽培特性，進而降低生產成本而提升競爭力

二、香米品種之選育

稻米就其香味之有無，可區分為香米（aromatic rice或scented rice）及非香米（一般稻米），通常香米煮成之米飯具備香味，然一般消費者日常食用之稻米則香味薄弱或無香味。香米品種除糙米、白米、米糠、稻穀、莖、葉、花等均可能發出香味，然香味發生部位因品種而異。諸如日本品種白玉、台農秈20號其莖、葉及煮出之米飯均具有香味，然中國香米之北京香稻其糙米、白米則無香味，僅在煮出米飯後方可覺其香味的存在。香米品種栽培雖僅佔少部份的世

界栽培面積，然這類稻米已在中亞、歐洲和美國日益受到消費者喜愛，尤其在印度香米受到相當程度的歡迎，其市場價格常高於一般稻米。而目前商業生產的香米主要外銷輸出國家以印度、巴基斯坦及泰國最多，前二個國家以Basmati-type的香米爲主，而泰國則以Jasmine品種的香米爲主，至於其它國際市場上較重要的香米品種則以Khao Dawk Mali 105, Siamati（泰國），Bahra（阿富汗），Sadri（伊朗），Della, Texamati和Kasmati（美國）較多(Singh *et al.*, 2000)。

1. 香味遺傳

香味的遺傳控制機制常因研究所用材料不同，其結論有所不同，Jodon (1944)指出香味由係由單一顯性基因所控制，Kadam and Patankar (1938), Nagaraju *et al.* (1975)及 Reddy and Sathyanaranaiah (1980)則指受二對或三對基因控制，而Dhulappanavar (1976)則認爲有四個互補基因影響香味的形成；Tripathi and Rao (1979)發現*SK1*及*SK2*兩個顯性互補基因控制香味的形成，兩基因與葉鞘顏色、成熟之稻穎顏色呈互相獨立關係，且其中之一爲控制生產香味中間產物的基因。而Nagaraju *et al.* (1975)發現香味受三對顯性互補基因控制，並認爲葉片是香味分析最簡單及最好的方法，另Richharia *et al.* (1965)認爲香味是微效基因遺傳模式。Siddiq (1983)指出有三對隱性基因涉及香味的產生，其中兩個是香味表現不可或缺者。而Tsuzuki and Shimokava (1970)指出F2後代族群香：非香比率爲13:3，其中一個基因是香味的表現基因，另一個基因爲香味產生的抑制基因。而Geetha (1994), Vivekanandan and Girdharan (1994)均指出二個隱性基因控制香味的表現。而Khush and Dela Cruz (1998)發現香與非香味品種雜交後，其後代香味會呈現不同程度的表現，建議香味特性爲數量性性狀，可能是由一主效基因配合數個修飾基因或QTLs（微效基因）共同作用於香味的表現。

然而多數的研究結果均指出香味係受一對隱性基因所控制(Sood and Siddiq, 1980; Shekhar and Reddy, 1981; Berner and Hoff, 1986; Reddy and Reddy, 1987; Bollich *et al.*, 1992; Huang and Zou, 1992; Ali *et al.*, 1993; Katare and Jambhale, 1995; Li *et al.*, 1996; Li and Gu, 1997; Sadhukhan *et al.*, 1997)。Pinson (1994)指出Jasmine, PI457917,A-301和Della等香米品種所帶的香味基因具有等位性，Berner and Hoff (1986)認爲香味爲單一隱性基因遺傳，且香味判定可由糙米橫切後，取不含胚的半粒米粒經由口腔咀嚼來選拔具香味的米粒，獲選後再將含胚的半粒米粒種植，經此便可以簡易的方法選出具香味的雜交後代。Li *et al.* (1995) 指出葉片組織或穀粒香味受一對隱性基因控制，與37標識基因進行連鎖分析則發現其與*V-8* (Virscent-8) 基因呈連鎖關係，顯示該控制香味之基因位於染色體8。Li and Gu (1997)在利用IR36的三染體及糯性香米轉座系分析中，結果亦發現香味爲位於染色體 8的單一隱性基因控制；Ahn *et al.* (1992)利用RFLP技術亦將此香味基因定位於染色體 8。Reddy and Reddy(1987)則指出香味親本及F2後代缺乏特定的酯酶同功酶條帶，而非香味親本及F2則出現一快速移動的酯酶同功酶條帶。

由上述文獻回顧可感覺到稻米香味形成的遺傳背景相當複雜，育種者須先瞭解使用材料之遺傳背景方可避免徒勞無功。此外，目前發展中的生化metabolic flow (metabolosome)研究應可逐漸釐清各香味分子生合成的分子遺傳途徑，屆時育種者將可進行香味遺傳工程之分子育種了。

2. 香米的育種

國內香米育種工作始於民國六十六年，即約25年前由農業試驗所嘉義農業試驗分所開始進行，於民國六十六至六十八年間分別篩選了26個秈型，12個稉型香米品種，並以這些香米為親本，分別依秈、稉稻的不同開始進行雜交育種工作，其中秈稻係以IR841-67-1-2-1-1與IR5105-86-1-1等為雜交親本，而與國內栽培種嘉農秈8號、台農秈12號與台農秈21號等雜交，而稉稻部份則以日本引進之香米品種白玉、大正撰等為主要的香味來源，分別導入嘉義農試分所選育之稉型優良抗蟲品系J662007等，雜交後依譜系育種法進行選育，優良的香米品系自民國六十九年起陸續選出，而秈型香米品種台農秈20號於民國75年命名推廣，而民國76年則有稉型的台農72號命名推廣，育種成果相當豐碩（張等，1986）。

香米品種命名十餘年來並未普遍受到重視，消費層面僅侷促在都會區而已，使得香米的栽培面積及市場價格無法明顯突破及提高。第二個稉型香米台稉4號於民國79年命名推廣後，其由於米粒外觀上腹白較多，因此市場品質上相對受到影響，然香米栽培面積則稍有增加，但亦未普遍引起生產者及消費者的認識及喜愛。而真正引起生產者及消費者認識香米應歸功於台農71號（益全香米）的命名前的介紹與推廣，台農71號於民國89年命名後，因被認為是加入WTO後，挽求台灣稻米產業的唯一武器，使得農民對其開始產生興趣，因此近年來香米乃成為人民耳熟能詳之名詞。

目前香米之栽培雖然不甚普遍，原因除了可能是目前香米品種農藝性狀、產量較低外，其與生產者追求高產目標的生產習性尚未改變、消費者對香米認識不足及香米用途未能充份開發等均有關係。然由香味品系雜交組合中可選育高產香米品種的結果來看，香味為高度可遺傳特性的結論是可以確認的，因此透過育種手段進行操作和轉移是十分可行的，尤其香味檢定方法相當簡便，在雜交育種過程中，可選拔具高產、抗病蟲及良質的香味後代，藉以改善現有香米品種的缺失。

3. 香味的檢定方法

香米香味的形成主要受到遺傳及環境因子影響，通常其栽培地區穀粒成熟時期的溫度較低時，香味的形成會較佳。其可由稻米蒸氣連續提取法分離芳香物質，再經色層分離-質譜分析得知香味組成，經分析結果發現香味主要來自2-acetyl-1-pyrroline，此一化學物質在穀粒及植株中均會存在，除2-acetyl-1-pyrroline之外，尚有約100種其它揮發物質參與香味的組成，其中包括 13種 hydrocarbons, 14 acids, 13 alcohols, 16 aldehydes, 14 ketones, 8 esters, 5 種 phenols和其它複合物均會隨著水稻生長而蘊育香味的發生（蔣和潘，1991；Weber, 2000）。

至於香味檢定歸納起來有三種較為簡便的方法，一為咀嚼法，此法是挑選對香味感覺比較敏感的人員，將米粒放入口中咀嚼後定出香味之有無及香味程度，每品評完一樣品均以牙膏刷牙，之後再開始咀嚼第二個樣品；葉片檢定法係取植株第二葉片（即劍葉下第一葉），以剪刀切成0.3公分長，取3公克置於50ml之廣口玻璃瓶中，之後，加入1.7%氫氧化鉀(KOH)溶液，加蓋浸漬10分鐘後，去蓋後聞其香味（劉，1986；Sood and Siddiq, 1978）。至於米粒檢定方法係取白米約1公克，置於50ml圓底離心管中，加入20ml蒸餾水，以錫箔紙封口，放入沸水浴中蒸煮10分鐘，取出冷卻後去蓋聞其香味(IRRI, 1971)，一般將香味區分為強、中、微及無香等四個等級。

4. 香米未來的挑戰

由於近年來國人對高級良質米之需求日益殷

切，尤其香米因具有獨特之香味而受消費者喜愛，市場價格也高於一般稻米，顯示香米是一具有相當競爭力的產品，値得進一步開發與利用，以因應未來市場之所需。尤其是近來國內稻米市場的開放，國外香米陸續進口，諸如Basmati type的香米，其不但直接衝擊國產稻米之價格，對國內香米的生產亦造成相當大的影響。因此展望香米的未來，其在育種及用途的開發上應可朝下列方向進行，藉以提升香米的經濟價值及迎接未來的挑戰，

1. 蒐集不同來源之香米種源，尤其是香味類型及濃烈程度不同種源的收集及評估，可經此開發不同香味之品種。諸如淡香型、濃香型、芋頭香、茉莉香等品種之選育。
2. 選育高產、抗病、抗蟲之香米品種。
3. 選育稻米外觀品質及食味口感良好等米飯鮮食型之香米品種，尤其是蒸煮成米飯時之米粒伸長度，國外Basmati type香米之米飯米粒伸長度相當高，未來國產香米宜加強此一特性的改良，方可與國外香米競爭。
4. 由於香米煮成之米飯放置一段時間後，香氣味道會變劣，甚至形成臭味，因此針對此一缺失亦應加強改良及選育。
5. 開發高附加價値之香米用途，諸如糕點、米菓、油飯、粽子、飯團、香米茶包及香米酒等不同加工用途之品種。

三、新形質品種之選育

國內稻米市場因加入WTO組織採逐年開放政策，此一政策對國產米的生產、銷售及消費等均造成一定程度的影響。因應之道除了提升國產米的品質外，擴大稻米的利用範圍及各種附加價值的開發上亦是重要的解決方法，尤其除日本外之產米國家，其稻米的生產成本相對較國產米低，因此可能會對國產米市場造成相當的衝擊。然以船運進口稻米後，如經2至3個月內未能出清，其品質將逐漸劣變，造成食用品質降低及影響銷售。故未來進口米可能有相當數量因此而流入加工製造市場，諸如高直鏈澱粉加工產品、糯性加工產品等用途之原料，取代原有加工用途之國產米市場，而爲因應此一趨勢，未來除了加強選育優於進口米品質之品種外，對新形質、專用化、多樣化用途米品種的開發更應重視，如此方可選育與進口米有市場區隔性之稻米品種，進而降低進口米對國產米市場的衝擊。

近年來日本已積極進行增加稻米利用多樣化之研究，期能選育適合米飯利用外的其它用途品種（如新形質米）。而在利用開發之初，首先要了解現有稻品種存在的遺傳變異，諸如直鏈澱粉含量、澱粉理化特性、蛋白質含量及組成、脂肪酸組成、米粒色素變化、胺基酸含量變化、礦物元素含量變化、維他命含量變化、胚及胚乳形態及構造上的差異等遺傳上的多樣性，如此方能透過育種手法來擴大米新形態的利用，進而開發形狀大小多樣性、著色米、高營養、特殊成份等不同用途之品種。所以未來水稻育種的中心工作除了仍以對各種病蟲害有抗性、對逆境有強耐性、生產穩定、高產及食味佳等爲目標外，對米新形態遺傳變異的探討及利用，亦是未來育種改良上重要的課題，因此宜經由各式各類的遺傳樣式的分析及操作，進一步擴大米的利用範圍。尤其是落實米多用途的研究方向，進而提升國產稻米的競爭力。至於米用途多樣化的研究方向歸納最近之研究結果（Satoh and Omura, 1981；Okuno *et al.*, 1983； Kikuchi, 1994； 陳 ， 1990a；1990b；中川原，1999）大致上可分述如下：

高直鏈澱粉含量品種的開發：可用於速食米飯、米粉製造等利用，目前除了wx^a基因外，另有*ae*基因可增加直鏈澱粉含量及改變支鏈澱粉的

構造。而育成品種如日本已育成之夢十色、中國143號及關東181號等品種。

極低直鏈澱粉(5~12%)含量品種的開發：可用於米菓及加工米飯等用途，尤其是米菓製品之膨化性較佳，黏度特性中之最終黏／最高黏度愈低之品種，具有米新形態利用的潛能。目前育種家或食品加工研究者最重視的是*du*基因，它除了可影響米粒外觀外，亦降低直鏈澱粉含量，其如日本選育之彩，西海191號、西海215號；又如國內利用化學誘變手法近來亦選育得到類似*du*特性之材料。未來應加強此一方面的研發與利用，藉以增加國產米的附加價值。

大胚米品種的開發：可用於嬰兒或老人食品、營養劑、健康劑及胚芽茶之開發，進而提高稻米的營養價值。其如日本育成之北海269號及中國137號。

蛋白質組成變異品種之開發：其如低鹼溶性蛋白質(glutelin)米之開發及低鹽溶性蛋白質(globulin)米之開發，前者可供腎臟病患食用，目前日本已育成中國161號、中國162號及中國163號；後者可供對米食過敏者食用，目前日本已育成北陸173號、北陸183號及西海231號之育成。

著色米品種之開發：可用於米飯、米餅、黑米酒、紅米酒及色素劑等用途，其如日本育成朝紫（黑米），其主要著眼於維他命B群及無機成份（Fe，Ca）含量較高。

油料用品種之開發：可用於米糠油的製作，目前除了單一隱性大胚基因(*ge*)可供利用外，有關米粒胚大小及增加糊粉層厚度之突變體等相關材料仍有待進一步評估及選育。而未來育種上可朝累積多數微量基因以增加米粒糠層比例、大胚及胚乳含油率增加等方向著手，藉以提高米粒含油比例，選育油脂用稻品種。

保健米品種之開發：可用於人體所需天然營養成份的補充，形成的利用。其改良利用上大致可歸納成三個方向

1. 可利用基因轉殖方法等分子育種手法，轉殖高營養價值之基因至水稻中，諸如轉殖高蛋白質、高離胺酸含量、高維生素、特殊化學成分及疾病抗體基因等，藉由水稻生產高營養價值及特殊用途之稻米。其如利用基因轉殖方法將西洋水仙花、豌豆、細菌及濾過性病毒的基因轉殖至水稻中，進而得到生產β胡蘿蔔素的黃金米。另穀類種子中含有某些頗具健康保健意義之蛋白質分子，其如superoxide dismutase有助於延緩老化，亦可藉由轉殖技術將其轉化至水稻中利用。
2. 改變貯藏性蛋白質之組成，或降低過敏性蛋白質含量，如米粒中蛋白質體PB-1營養價值較低，而蛋白質體PB-2營養價值較高，可經由減少PB-1含量而增加PB-2含量來改善米蛋白質的營養價值，如種源庫中高蛋白質含量的種源便是可利用之材料。也可反向選育高PB-I含量品種，因爲不易消化，可降低腎臟病患者生理負擔而使用之。又經由分子生物技術輔助，可選育低過敏性蛋白含量之品種，可供特殊消費者族群使用。
3. 選育有益人體之高礦物元素含量品種：對米粒中礦物元素含量之多寡及利用，國內相關的研究相當少，未來應對有益人體之礦物元素進行了解後，進而篩選水稻品種中含量相對較高之材料進行育種及改良。

觀賞用稻品種之開發：其可用於景觀植物之栽培利用，其如日本育成之北海28號。此方向或可以誘變育種方式達成之。

以目前國內情況而言，在強調良食味育種的主要目標下，投入大部分資源。對新品質或專用品種的開發仍處於起步階段，現行以香米與酒米

爲重點，至於是否研發其他用途品種仍需經過市場價值的仔細評估。

結　語

當筆者撰寫本篇文章時，故宮博物院正舉辦「福爾摩沙：十七世紀的臺灣、荷蘭與東亞」展覽。依照展出的臺灣古地圖發展過程，在FORMOSA之前，是以「PANCKAN」的名字稱呼這個大島（1625年）。據說依平埔族的語言，「PA」的意思是稻米，「AN」的意思是住的地方，PANCKAN的意思可說是：有稻米的地方（見中國時報92年2月7日第14版）。臺灣從先民開始就是生產稻米的地區（如芝山岩文化時期），歷經原住民、荷蘭、清朝、日本到目前，稻作發展隨這各個時期的政治與經濟型態而幾經波折。加入WTO後，臺灣稻米發展再度與國際市場接軌，育種改良面臨更新的挑戰，我們已經越過了產量的門檻，在邁向所謂品質（各種品質）提昇的途徑中，合作與科技是我們必須的動力。在滿足自我要求的同時，或許我們更應該以世界人類爲觀點，整合國際的科技，爲人類的稻作甚至糧食發展貢獻出臺灣的努力。

引用文獻

田代亨、江幡守衛。1975。腹白米に關する的研究 第4報。日本作物學會紀事 44:205-214。

掘末登。1983。稻米之米質改良、檢定、分級及運銷。台灣農業 19:24-40。

前重道雅、小林信也。2000。最新日本の酒米と酒造り。318頁。養賢堂發行。東京。日本。

宋　勳。1986。稻米品質分級與改良。109-125頁。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯。臺灣台中。

宋　勳。1974。臺灣長秈稻品質之探討。台灣農業季刊 12(3):98-105。

宋　勳、劉瑋婷。1996。稻米品質影響因素與分級。133-154頁。稻作生產改進策略研討會專?。台灣省農業試驗所專刊第59號，霧峰。台灣。

伏　軍。1987。稻米堊白的發生機理及其改良。湖南農業科學 2:17。

吳永培、黃懿秦、許愛娜。2002。白米粉末品種間之差異及其與食味間關係之研究。中華農藝（刊印中）。

吳永培。2001。影響米食味良劣之因素及利用近紅外線光譜儀分析米質之研究。國立台灣大學博士論文。167頁。

吳永培、許愛娜、黃懿秦。2001。稻穗構成性狀與食味間關係之研究。中華農業研究 50(2):38-46。

吳永培、許愛娜、謝兆樞、黃懿秦。2000。白米胺基酸含量品種間之差異及其與食味間之關係。中華農業研究 49:1-15。

吳永培、許志聖、陳一心。2000。近紅外光分析技術應用於糙米化學成份含量之測定。中華農學會報 1(3):333-342。

吳永培、許愛娜、陳一心、陳隆澤、黃懿秦。1999。稻米貯藏性蛋白質品種間的差異及其與食味關係之研究。中華農業研究 45:1-11。

吳永培、謝兆樞、陳一心、黃懿秦。1997。近紅外光分析技術及冷鹼糊化法分析米粒成份可行性之研究。中華農藝 7:193-201。

吳永培。1995。水稻穗構成性狀與粒質關係之研究。中華農業研究 44:1-8。

吳永培、羅正宗、陳隆澤。1994。水稻穗著粒密度之研究II。稻穗構成性狀與單株產量間之關係。中華農業研究 43:135-142。

吳永培、陳一心、陳隆澤。1993a。水稻穗著粒密度之研究 I。穗著粒密度類型、預測模式之建立及相關性狀之探討。中華農業研究 42:112-120。

吳永培、陳一心、陳隆澤。1993b。利用主成份分析法探討水稻穗重與其構成因素間的關係。中華農學會報 新162:1-10。

李汪盛、蕭介宗。1996。資料處理對稻穀食味主要成分之近紅外線校正線之影響。農業機械學刊 5:19-34。

范燕萍、唐啓源、周美蘭。1988。稻米胚乳澱粉細胞結構與米質關係之研究。作物研究 2:18-

23。
周新橋、鄒冬生。2001。稻米堊白研究綜述。作物研究3:52-58。
星川清親。1978。解剖圖說稻的生長。蔣彭炎、許德海譯。上海。上海科學技術出版社。
徐云碧、申宗坦。1989。稻米堊白的遺傳。浙江農業大學學報 15:8-13。
洪梅珠、郭寶錚。2000。稻米小樣品食用品質檢定法之研究。中華農學會報1:648-658。
洪梅珠、簡珮如、盧虎生 2000 米飯食味特性與白米醇溶性及鹼溶性蛋白質間相關之研究・台中區農業改良場研究彙報 67:1-10.
洪梅珠、宋勳、劉慧瑛、林禮輝。1989。稻米理化性質之研究Ⅰ・官能品評特性與米粒外貌及化學性質間相關之研究。台中區農業改良研究彙報 24:53-62。
程方民、胡東維、丁元樹。2000。人工控溫條件下稻米堊白形成變化及胚乳掃描結構觀察。中國水稻科學 14:83-87。
許愛娜。1994。稻米品質理化性質之研究。國立中興大學農藝學研究所博士論文。台中市。臺灣。
許愛娜、吳永培。1998。水稻品種白米粉末黏度之研究。台中區農業改良場研究彙報 58:43-58。
許愛娜、宋 勳。1988。稻米物理化學性質與食味間相關關係之探討（第一報）。台中區農業改良場研究彙報 18:31-39。
許愛娜、吳永培。1998。水稻品種白米粉末黏度之研究。台中區農業改良場研究彙報 58:43-58。
許愛娜、朱德民、白鏇、謝順景。1997。白米粉末黏度特性與米飯食用品質間關係之探討。中華農學會報新 180:24-44。
許愛娜、朱德民、白 鏇、吳永培。2002。萃取米澱粉黏度特性與米飯食用品質間關係之探討。台中區農業改良場研究彙報（刊印中）
張萬來、鄭明欽、劉瑋婷。1986。稻米香味之遺傳與育種。花蓮區農業改良場研究彙報 3:1-13。
陳治官、黃真生。1984。疊氮化鈉對水稻臺農67號之誘變效應。中華農業研 34:345-353。
郭二男、潘增、王才林。1983。粳稻腹白米的研究。作物學報 9:31-38。
郭益全。1996。稻米品質性狀之遺傳與育種。109-132頁。稻作生產改進策略研討會專刊。臺灣省農業試驗所第59專?。台中市。
黃正華。1985。臺灣地區稻米之生產改進。科學農業 33:295-328。
黃昭興、王長瑩。1997。台灣稻米品質調查概況。42-49頁。稻米品質檢驗技術研討會專刊。中華農藝學編印。
黃基倬、盧虎生 2000 穀粒充實期間溫度對穀粒米質之影響 1.溫度處理對產量構成要素、穀粒碾米性狀、及理化性質之影響・中華農學會報（新）：1: 370-389.
黃發松、孫宗修、胡培松。1998。食用稻米品質形成研究的現狀與展望。中國水稻科學 12: 172-176。
黃裕昌、林如怡、盧虎生、朱鈞。1994。利用高效能液相色層分析檢定稻米蛋白質與品種特性。中華農學會報 新 171:113。
黃曉菊、陳秀惠、盧虎生、朱鈞 1998 水稻之概念型(ideotype)：IRRI 新概念型與臺灣品種之討論. 科學農業 46: 115-122.
黃河清、鄒學英。1991。稻米堊白的配合力分析。湖南農業科學 1:18-20。
賈志寬、高如嵩、張嵩午。1992。中國稻米堊白形成的地域分異規律之初步研究。中國水稻科學 6:159-164。
楊仁崔、梁康逕、陳青華。1986。稻米堊白直感遺傳和雜交稻堊白米遺傳分析。福建農學院學報 15:51-54。
蔣稚彪、潘重光。1991。作物品質育種。水稻品質育種。249-272頁。北京。北京農業出版社出版。
郭益全。1996。稻米品質性狀之遺傳與育種。稻作生產改進策略研討會專刊。109-132頁。台灣省農業試驗所專?第59號，霧峰。台灣。
郭益全、偉伯比爾、史譚索詹姆士。1997。白米食用與加工品質性狀之Griffing 與Hayman氏全互交變方分析。中華農業研究 46:15-31.。
郭益全、偉伯比爾、史譚索詹姆士。1995。白米直鏈澱粉與澱粉崩解黏度之雜種優勢與組合力。中華農業研究 46:15-31.。
郭益全、劉清。1987。米飯物理特性之遺傳。中華農業研究 36:1-14。
陳一心。1990a。稻米的其他用途及其育種的可行性（上）。技術服務季? 3:9-12。台灣省農業試驗所編印。霧峰。臺灣。
陳一心。1990b。稻米的其他用途及其育種的可行性（下）。技術服務季刊 4:8-10。台灣省農

業試驗所編印。霧峰。臺灣。
陳鈴霓。1994。台灣稻米支鏈澱粉之微細結構與理化性質之相關性。國立中興大學食品科學研究所碩士論文
彭智平。1995。以近紅外線分光光度計測定影響稻米食味之主要成分。碩士論文。台灣大學農機研究所。台北。
曾仁佑。1997。台灣稻米直鏈澱粉之微細結構。輔仁大學食品營養研究所碩士論文 。
董致韡、王長瑩、盧虎生、朱鈞。1997。台灣水稻品種穀粒貯藏性蛋白質分析：鹼溶性與醇溶性蛋白質含量及其RP-HPLC品種圖譜特性。中華農藝 7:115-125。
廖杏綺。1998。两糯品種米澱粉之微細結構與理化特性之研究。國立中興大學食品科學研究所碩士論文
劉瑋婷。1986。稻米香味檢定方法之研究。花蓮區農業改良場研究彙報 2:13-20。
劉慧瑛、林禮輝、宋勳、洪梅珠 。1988。不同稻米品種之食用品質與化學性質之關係。76-89頁。稻米品質。台灣省台中區農業改良場編印。
劉民卿、蕭介宗。1995。以近紅外線分光光度計偵測稻米的含水率及蛋白質。農業機械學刊 3:1-14。
劉昌群、彭智平、蕭介宗。1996。稻米近紅外線光譜之多變數分析。農業機械學刊 6:9-19。
簡珮如、盧虎生、朱鈞。1997。栽培時期對稻米貯存性蛋白質之影響。中華農藝7:333-342。
謝伯東、蔡錫舜、陳信濤、花翠紅。1975。臺灣產食米中各種氨基酸之分佈之研究。中國農業化學會誌 12:73-80。
謝順景、宋勳。1984。稻米品質分級之研究(I)台中區農業改良場研究彙報 8:1-8。
蕭介宗。1996。近紅外線技術於稻米食味之檢測。1-13頁。稻米低溫冷藏技術研討會。國立中興大學農業機械工程系。台中。
Afsa Awan, M., F. C.Konzak., N. J. Rutger, and R. A.Nilana 1980. Mutagenic effects of Sodium azide in rice. Crop Sci. 20:663-668.
Ahn, S. N., C. N. Bolich. and S. K. Tanksley. 1992. RFLP tagging of a gene for aroma in rice. Theor. Appl. Genet. 84:825-828.
Ali, S. S., S. I. H. Jafri., M. J. Khan and M. A. Butt. 1993. Inheritance studies on aroma in two aromatic varieties of Pakistan. Intl. rice Res. Newl. 18:6.
Bank, W. and C. T. Greenwood. 1975. Starch and its components. PP.45.Einburgh University Press.
Berner, D.K. and B. J. Hoff. 1986. Inheritance of scent in American long grain rice. Crop Sci. 26:876-878.
Bhattacharya, K. R. and C. M. Sowbhagya.1979. Pasting behavior of rice:A new method of viscography. J Food Sci. 44:797-804.
Biliaderis, C. G., D. R. Grant and J. R. Vose. 1981. Structural characterization of legume starches. I .Amylopectin and beta-limit dextrins. Cereal Chem. 58:496-502.
Bollich, C. N., J. N. Rutger. And B. D. Webb. 1992. Development in rice research in United States. Int. Rice Comm. Newslt. 41: 32-34.
Chang, W. L. and C. Y. Lii. 1985. The pasting behaviors and the eating qualities of some rices in Taiwan. Bull. Inst. Chem. Academia Sinica 32:57-61.
Chang, S. M., H. L. Yang and C. Y. Lii. 1984. Some physicochemical properties of non-waxy rices in Taiwan. Bull. Inst. Chem. Academia Sinica 31:63-68.
Chang, T. T. and C. C. Li. 1980. Genetics and Breeding. In Rice:production and utilization.B. S. Luh ed. AVI, Westport, Conn.
Chang, T. T. and B. Somrith. 1979. Genetic studies on the grain quality of rice. In Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. Pp.49-68. IRRI. Los Banos, Philippines.
Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1983. Relation between palatability evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 30: 333-341.
Cura, J. A., P. Jansson and C. R. Krisman. 1995. Amylose is not strictly linear. Starch 47: 207-209.
Delwiche, S. R., M. M. Bean., R. E. Miller., B. D. Webb and P. C. Williams. 1995. Apparent amylose content of milled rice by near-

infrared reflectance spectrophotometry. Cereal chem. 72:182-187.

Dhulappanavar, C. V. 1976. Inhertiance of scent in rice. Euphytica 25:659-662.

Geetha, S. 1994. Inheritance of aroma in two rice cross. Intl. Rice Res. Notes 19:5.

He, G. C., K. Kogure. and H. Suzuki. 1990. Development of endosperm and synthesis of starch in rice grain.III.starch property as affected by the temperature during grain development. Jpn. J. Crop Sci. 59:340-345

Hizukuri, S. 1996. Starch: analytical aspects. In "Carbohydrate in Food" Ed. by A. C. Eliasson Marcel Dekker,. Inc. New York, Basel, Hong Kong.

Hoseney, R. C., K. F. Finney., Y. Pomeranz and M. D. Shorgran. 1971. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. VIII. Starch. Cereal Chem. 48:191-202.

Huang, H. O. and X. Y. Zou. 1992. Inheritance of aroma in two aromatic rice varieties. Intl. Rice. Res. Newl. 17:6.

Iida,S.1995. Screening and genetic analysis of rice seed storage protein mutants.Gamma Field Symposia. 34:31-47.

International Rice Research Institute. 1971. Annual Report for 1970. pp.308. Los Banos, Laguna, Philippines.

Jodon, N. E. 1944. The inheritance of flower fragrance and other character in rice. J. Amer. Soc. Agron. 36:844-848.

Juliano, B. O. 1985a. Polysaccharides, proteins and lipids. PP.59-174. In:Rice Chemisry and Technology. Ed. by B. O. Juliano., Am. Assoc. Cereal Chem., MN.

Juliano, B. O. 1985b. Criteria and tests for rice grain qualities. PP.443-524. In:Rice Chemisry and Technology. Ed. by B. O. Juliano., Am. Assoc. Cereal Chem., MN.

Julinao, B O. and C. G. Pascual. 1980. Quality characteristics of milled rice grain in different country. IRRI Res. Paper Ser. No. 48. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna, Philippines.

Juliano, B. O. 1972a. The rice caryopsis and its composition. In: Rice Chemistry and Technology. Ed. by B. O. Juliano., Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN., U. S. A. PP.16-74.

Juliano, B.O. 1972b. Physico-chemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice. In:rice breeding. The International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today 16:334-360.

Kadam, B. S. and V. K. Patankar. 1938. Inhertiance of aroma rice. Oryza 32:193-194.

Katare, N. B. and N. D. Jambhale. 1995. Inheritance of scent in rice. Oryza 32:193-194.

Kasahara, M.1996. Special features and using methods of taste meter of rice. J. Agric. Sci. 51:19-22

Kikuchi, H. 1994. Improving the eating quality of rice using low amylose mutants. Gamma Field Symposia. 33:1-17.

Kim, W. T., X. Lii and T. W. Okita. 1993. Expression of storage protein multigene families in developing rice endosperm. Plant Physiol. 34:595-603.

Kim, W. T. and T. W. Okita. 1988. Structure, expression, and heterogeneity of the rice seed prolamines. Plant Physiol. 88:649-655.

Li, J. and d. Gu. 1997. Analysis of inheritance of scented rice variety Shenxianging. China Rice Res. Newsl. 5:4-5.

Li, J., D. Ku. and L. Li. 1996. Analysis of fragrance inheritance in scented rice variety, Shenxianging 4. Acta Agriculturae Shanghai 12:78-81.

Li, X., M. Gu. and H. Yu. 1995. Chromosome location of a gene for aroma in rice. Chinese J. Rice Res. 4:5-6.

Lii, C.Y., T. W. Chiou and Y. L. Chu. 1987. The degree of branching in amylose from tuber and ligume starches. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC 11:341

Lii, C.Y., S. M. Chang and H. L. Yang. 1986. Correlation between the physicochemical properties and eating quality of milled rice

in Taiwan. Bull. Inst. Chem. Academia Sinica. 33:55-62.

Lu, S., Cheng, L. N. and C. Y. Lii. 1997. Correlations between the fine structure, physicochemical properties, and retrogradation of amylopectins from Taiwan rice varieties. Cereal Chem. 74: 34-39.

Mandac, B. E., and B. O. Julano. 1978. Properties of prolamin in mature and developing rice grain. Phytochemistry 17:611-614

Manners, D. J. 1985. Some aspects of the structure of starch. Cereal Foods World 30:461-467.

Masumura, T., N. Mitsukaea., K. Tanaka and S. Fujii. 1991. Rice storage protein: Genetic analysis of accumulation process. In: Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol 14. PP. 495-507 Ed. by Y. p. S. Bajaj.

Matsue, Y. 1998. Annual and locational variation in physicochemical properties of rice. Jpn. J. Crop Sci. 67:30-35.

Matsue, Y., M. Hiramatsu., T. Ogata and K. Odahara. 1997. Physicochemical properties of Japanese native red-kerneled non-glutinous rice cultivars of the Japonica type. Jpn. J. Crop Sci. 66:647-655.

Matsue, Y. 1995. Differences in amylose content, amylographic characteristics and storage proteins of grains on primary and secondary rachis branches in rice. Jpn. J. Crop Sci. 64: 601-606.

Matsue, Y., K. Odahara and M. Hiramatsu. 1994. Differences in protein content, amylose and palatability in relation to location of grains within rice panicle. Jpn. J. Crop Sci. 63: 271-277.

Matsuzaki, A., T. Takano.,S. Sakamoto and T. Kuboyama. 1992. Relation between eating quality and chemical components in milled rice and amino acid contents. Jpn. J. Crop Sci. 61:561-567.

Matthews, J. and J. J. Spadaro. 1975. Rice breakage during combine harvesting. Rice J. 78(7):59-63.

Merca, C. and B. O. Juliano. 1981. Physicochemical properties of starch of intermediate-amylose and waxy rices differing in grain quality. Starch 33:253-260.

Nagaraju , M., D. Chowdhary and M. J. B. K. Rao. 1975. A simple technique to identify scent in rice and inheritance pattern of scent, Curr. Sci. 44:599.

Nagato, K. and M. Ebale. 1960. Effects of temperature in the ripening period upon the development and qualities of lowland rice kernels. Proc. Sci. Soc. Japan. 23(3):257-278.

Nagato, K., M. Ebata and M. Ishikawa. 1972. Protein content of developing and mature rice grain. Jpn. J. Crop Sci. 41:472-479.

Ogawa, M., T. Kumamaru., H. Satoh., T. Omura., T. Park., K. Shintaku and K. Baba. 1989. Mutants for rice storage protein. 2. Isolation and characterization of protein bodies from rice mutants. Theor. Appl. Genet. 78:305-310.

Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. Texture Studies 10:131-152.

Okamoto, M., T. Horino and M. Sakai. 1992. Relation of nitrogen content and Mg/K ratio of brown rice to stickiness of cooked rice. Jpn. J. Bred. 42:595-603.

Okuno, K., Fuwa, H. and M. Yano. 1983. A new mutant gene lowering amylose content in endosperm starch of rice, Oryza sativa L. Japan. J. Breed. 33:387-394.

Padhye, V. W. and D. K. Salunkhe. 1979. Extraction and characterization of rice proteins. Cereal Chem. 56:389-393.

Perez, C. M. and B. O. Juliano. 1979. Indicators of eating quality for nonwaxy rices. Food Chem. 4:185-195.

Pinson, S. R. M. 1994. Inheritance of aroma in six rice cultivars. Crop Sci. 34:1151-1157.

Reddy, V. D. and G. M. Reddy. 1987. Genetic and biochemical basis of scent in rice. Theor. Appl. Genet. 73:699-700.

Reddy, K. R., S. Z. Ali and K. R. Bhattacharya. 1993. The fine structure of rice starch amylopectin and its relation to the texture of cooked rice. Carbohydr. Polym. 22:267-276.

Reddy, P. R. and L. Sathyanaranaiah. 1980.

Inhertiance of aroma rice. Indian J. Genet. Plant Breed. 40:327-329.

Richharia, R. H., B. Mishra and V. A. Kulkani. 1965. Studies in the world genetic stock of rice.IV. Distribution of scented rice. Oryza 2:57-59.

Sadhukhan , R. N., K. Roy and P. Chattopadhyay. 1997. Inheritance of aroma in two local aromatic rice cultivars. Environ. Ecol. 15: 315-317.

Shekhar, B. P. S. and G. M. Reddy. 1981. Genetic basis of aroma and flavour components studies in certain scented cultivars of rice. IV. International SABRO Congress. May 4-8.

Shyur, L. F., K. K. Zia and C. S. Chen. 1988. Purification and some properties of storage proteins in japonica rice. Bot. Bull. Academia Sinica. 29:113-122.

Siddiq, E. A. 1983. Breeding for quality improvement in rice-Present state and strategy for future. In:Rice in West Bengal IV. Directorate of Agriculture, West bengal. pp.73-95.

Singh R. K., U. S. Singh and G. S. Khush. 2000. Prologue. In: Aromatic rices. Ed. by Singh R. K., U. S. Singh and G. S. Khush. Ed. pp. 1.

Singh R. K., U. S. Singh., G. S. Khush and R. Rohilla. 2000. Genetics and Biotechnology of Quality Trait in Aroma Rice. In: Aromatic Rices. Ed. by Singh R. K., U. S. Singh and G. S. Khush. Ed. pp.48-69.

Sood, B. C. and E. A. Siddiq. 1978. A rapid technique for scented determination in rice. Ind. J. Genet. Plant Breed. 38:268-271.

Sowbahagya, C. M., B. S. Ramesh and K. R. Bhattacharya. 1987. The relationship between cooked rice texture and physicochemical characteristics of rice. J. Cereal Sci. 5:287-297.

Tada, Y. 1996. Modification of rice grain components by recombinant DNA technology. Gamma Field Symposia 35:5-17.

Tanaka, K., T. Sugumato., M. Ogawa and Z. Kasai. 1980. Isolation and characterization of two types of protein bodies in the rice endosperm. Agric. Biol. Chem. 44:1633-1639.

Tashiro, T. and I. F. Watdlaw. 1991. The Effect of high temperature on the accumulation of drying matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. Aust. J. Plant Physiol. 18: 259-265.

Tsuzuki, E. and E. Shimokava. 1970. Inheritance of aroma in rice. Euphytica 46:157-159.

Villareal, C., N. Dela and B. O. Juliano. 1994. Rice amylose analysis by near infrared transmittance spectroscopy. Cereal Chem. 71:292-296.

Vivekanandan, P. and S. Girdharan. 1994. Inheritance of aroma and breadthwise grain expansion in Basmati and non-Basmati rices. Intl. Rice Res. Note 19:4-5.

Webb, B. D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In: Rice Chemistry and Technology. Ed. by B. O. Juliano., American Assoc. Of. Cereal Chemists. St. Paul,MN., U.S.A. PP. 403-427.

Weber, D. J., R. Rohilla and U. S. Singh. 2000. Chemistry and Biochemistry of Aroma in Scented Rice. In: Aromatic rices. Ed. by Singh R. K., U. S. Singh and G. S. Khush. Ed. pp.29-46..

Yamada, T. E. and M. Ishikawa. 1989. Studies on the texture of cooked rice.III. Varietal differences in the texture of cooked rice. Jpn. J. Crop Sci. 58:569-575.

Yamagata, H. and K. Tanaka. 1986. The site of synthesis and accumulation of rice storage protein. Plant Cell Physiol. 27:135-145.

Yamagata, H. X. Li. and T. Kasai. 1982. Biosynthesis of storage protein in developing rice seeds. Plant Physiol. 70: 1094-1100.

通訊作者：吳永培（電話：05-277-1341；傳真：05-277-3630）